N° 15-16 15-31 AOUT 1930

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910) — DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

DIRECTEUR : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum national d'Histoire Naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris, — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Sciences naturelles.

Le gaz naturel au Canada.

Les roches du sous-sol de l'Ouest canadien, du paléozoïque au tertiaire, renferment en de nombreux points des gaz accumulés sous de hautes pressions. M. B. L. Thorne, directeur du département des ressources naturelles du Canadian Pacific, nous donne sur ces gisements d'hydrocarbures des renseignements fort intéressants dans un fascicule consacré au Canada et publié par l'*Illustration Economique*; nous en citerons l'essentiel.

Parmi les plus importantes sources de gaz utilisées citons celle de Medicine Hat qui provient de puits creusés à 230 et 283 mètres de profondeur; dans des sables où se trouvent les gaz la pression atteint 40 kilogrammes par centimètre carré. En 1928 la production était utilisée ainsi :

Pour les usages domestiques, 610.000.000 de pieds cubes; pour les usines, 790.000.000 de pieds cubes; Centrale électrique de la Ville et éclairage public, 397.000.000 de pieds cubes, etc.

Sur un total de 2.591.000.000 pieds pour l'année.

La composition du gaz est la suivante :

Méthane, 97,8 %; éthane 0,3 %; nitrogène, 1,5 %; oxygène, 0,0 %; bi-oxyde de carbone, 0,4 %.

Le pouvoir calorifique est de 1.046 unités thermiques par pied cube.

Le prix du gaz naturel est de 10 à 25 cents les mille pieds cubes, pour usage domestique et les hôtels, de 3 à 6 cents 1/2 pour l'industrie.

Le bassin de la Turner Valley, à 48 kilomètres au Sud-ouest de Calgary, fournit d'énormes quantités de gaz : 112 millions de pieds cubes par 24 heures et sous haute pression — des pipes-lines conduisent le gaz sur Calgary et Okotoks.

Le gisement de Viking (entre Viking et Birch Lake) est situé par 645 et 714 mètres de profondeur. Le débit journalier total des puits de ce bassin est de 78 millions de pieds cubes sous une pression de 44 kilogrammes par cm. carré. En 1923 il fut établi une pipe-line de Viking à Edmonton de 59 kilomètres sur 26 centimètres de diamètre et de 64 kilomètres sur 33 centimètres de diamètre. Bien d'autres gisements sont répandus dans l'Ouest Canadien, nous n'avons cité que les plus importants d'entre eux et renvoyons au mémoire original pour une documentation complète.

M. R.

*
**

Orthoptères du Hoggar.

Les Orthoptères recueillis au Hoggar par MM. G. Seurat et P. de Peyerinshoff (Mission du Hoggar, 1928) et par M. Th. Monod (Mission Angieras-Draper) viennent d'être étudiés par M. L. Chopard, du Muséum d'Histoire Naturelle[1]. L'examen de ces espèces a permis à M. Chopard de formuler un certain nombre de conclusions que nous résumons.

Cette faune semble composée d'éléments d'origine très différente :

1° Des formes désertiques ou tout au moins steppiques qui existent dans toute la région située au Sud de l'Atlas et qui disparaissent lorsqu'on s'approche du Niger.

1. *Bull. Soc. d'ist. Nat. de l'Afrique du Nord*, 1929.

2° Quelques formes d'origine méditerranéenne, dont l'une, *Tridactylus variegatus* est particulièrement intéressante; « il s'agit d'un petit gryllide rigoureusement confiné au bord des cours d'eau et sa présence en plein Hoggar ne peut être expliquée qu'enadmettant qu'il ait pu remonter l'Oued Igharghar à une époque où le cours de celui-ci ne présentait aucune interruption et permettait une communication directe entre le centre africain et la côte méditerranéenne ».

3° Enfin des espèces appartenant à la faune éthiopienne; les unes venues du bassin du Niger, les autres, plus nombreuses provenant de la région orientale ou étroitement apparentées avec des formes de cette partie de l'Afrique.

Au Hoggar se sont donc rencontrées des faunes venues du nord, du sud et de l'est; la faune spéciale à cette région paraît peu nombreuse et comprend notamment deux gryllides qui représentent vraisemblablement des relictes d'une faune ancienne et qui se trouvent isolées entièrement aujourd'hui.

M. R.

§ 2. — Sciences médicales.

Arbres dont les graines sont utilisées contre la lèpre.

La lutte contre la lèpre a été le point de départ de recherches nombreuses pour la découverte de médicaments pouvant combattre ce fléau. On a trouvé il y a quelques années parmi les plantes de la famille des Binacées plusieurs espèces — des arbres de grande taille — dont les graines fournissent une huile ayant des propriétés médicinales intéressantes à ce point de vue et qui se rattachent aux deux genres Taraktogenos et Hydnocarpus.

Les graines de Taraktogenos, fournissant le chaulmoogra, sont considérées comme provenant du T. Kurzu : en réalité les graines provenant d'Assam n'appartiennent probablement pas à la même espèce que celles provenant de Birmanie; le T. Kurzü de Birmanie a des fruits ronds qui ressemblent à une grosse orange, le T. Kurzu de l'Assam a des fruits bifurqués, d'une coloration différente. La détermination exacte des espèces ou variétés de Taraktogenos devrait attirer l'attention des botanistes. Ces arbres atteignent une hauteur de 12 à 15 mètres; ils croissent de préférence au voisinage des cours d'eau et dans les sols sablonneux; ils ne peuvent supporter une température inférieure à 4°5 centigrade.

On a préconisé maintes fois la culture de ces arbres qui donnent un médicament précieux, toutefois il ne semble pas qu'elle soit très facile. Des essais effectués au Jardin d'essai de Sérang (Malaisie) n'ont donné que de maigres résultats, de sorte que jusqu'à présent on sait peu de choses sur les conditions requises pour assurer au Taraktogenos un développement normal. On sait d'ailleurs combien décevants sont parfois les semis de graines de certains arbres tropicaux. En dehors des conditions physiques proprement dites du semis il y a peut-être aussi des considérations d'ordre symbiotique dont il faudrait tenir compte. Les graines de Santal, par exemple, germent au pied de l'arbre d'où elles proviennent tandis que semées dans des vases elles lèvent mais périssent lorsqu'elles ont deux ou trois feuilles. On aurait intérêt probablement à les semer dans de la terre prélevée au pied d'un santal.

Le genre Hydnocarpus semble avoir une aire d'extension plus étendue (Hindoustan, Indochine, Siam, Malaisie, Indes Néerlandaises, Philippines et Nouvelle-Guinée). Remarquons en passant que les deux genres Taraktogenos et Hydnocarpus se rencontrent dans notre colonie d'Indochine, notamment l'Hydnocarpus anthelmintica. C'est un arbre qui atteint 18 mètres; il porte des fruits sphériques renfermant 30 à 40 graines dont la faculté germinative se perd facilement. L'Hydnocarpus Wightiana, du S.-W. de l'Hindoustan, croît sur les collines, jusqu'à 900 mètres d'altitude; il a une taille plus élevée que le précédent : 15 à 30 mètres. Les deux espèces, semées à Sérang de graines provenant de la Province de Bombay (H. Wightiana) et du Siam (H. Anthelmintica), se sont très bien reproduites.

En ce qui concerne la production, un H. Wightiana placé dans des conditions favorables d'humidité et d'insolation fournit annuellement 50 kilogrammes de graines.

Les huiles fournies par le Taraktogenos Kurzu et les deux hydnocarpus cités renferment comme principe actif des glycérides d'acides chaulmoogrique et hydnocarpiques. On a préparé avec ces acides un éther éthylique dont les propriétés sont plus énergiques encores.

On connaît quelques bixacées africaines dont les graines donnent une huile ayant à un faible degré les propriétés des huiles des graines citées plus haut; il est probable qu'elles resteront sans emploi.

Il nous a paru intéressant de résumer d'après « Tropenpflanzer » ces renseignements sur des essences forestières, les propriétés médicinales de leurs graines étant si importantes pour combattre la lèpre[1].

M. R.

§ 3. — Art de l'Ingénieur.

L'importance du laboratoire dans les industries textiles.

La qualité d'un tissu dépend essentiellement de la qualité des filés qui le composent; les tissages spéciaux et les apprêts permettent seulement d'obtenir une amélioration apparente de la qualité du tissu, la souplesse et la solidité restant presque toujours uniquement fonction du fil utilisé.

Pour produire de bons fils d'une part, et pour utiliser au mieux ces fils dans la fabrication des tissus, d'autre part, il est indispensable de faire subir des épreuves sérieuses aux fibres textiles qui sont utilisées comme matière première, puis aux fils eux-mêmes; il est en particulier nécessaire de

1. *Rev. de Bot. appliquée*, mars 1930.

connaître leur résistance, leur élasticité, leur coefficient d'allongement, etc... Les essais et les mesures sont effectués dans des laboratoires spéciaux et ceux-ci sont aujourd'hui pourvus d'appareils de plus en plus perfectionnés, qu'un ingénieur textile, M. Raymond Thiébaut a récemment étudiés en détail dans la « Revue Industrielle » et que nous nous proposons de passer rapidement en revue.

Tout d'abord, lorsque l'on veut étudier et comparer entre elles des fibres textiles, on doit commencer par les dessécher de manière à réduire leur degré hygrométrique à zéro; cette opération s'effectue dans une machine dite « machine à conditionner » sorte d'étuve avec chambre chauffée par circulation d'air chaud. La matière à conditionner est placée dans cette chambre tout en étant suspendue au fléau d'une balance extérieure; au fur et à mesure que la dessiccation se produit, on rétablit l'équilibre rompu en ajoutant des poids dans le plateau opposé de la balance. Lorsque l'équilibre persiste c'est que la dessiccation est complète, et le poids ajouté correspond au poids d'eau contenue dans la matière textile. Les machines de ce genre sont généralement chauffées au gaz ou à l'électricité; assez fréquemment d'ailleurs, pour diminuer la durée des opérations, on procède à une dessiccation préliminaire des fibres.

La longueur des fibres est une donnée fort intéressante à connaître; jusqu'à présent sa mesure s'effectuait empiriquement, suivant des méthodes peu précises ou exigeant trop de temps, telles que celle qui consiste à mesurer séparément de très nombreuses fibres prélevées dans le lot, et provenant de mèches différentes. Aujourd'hui, on a le plus souvent recours à un appareil spécial qui permet de déterminer très rapidement la proportion des fibres de diverses longueurs existant dans une masse filamenteuse, en se basant sur la mesure des épaisseurs des sections transversales d'une mèche de cette matière. Il existe en effet une relation directe entre la loi de croissance des épaisseurs des fibres et la loi de répartition des longueurs des fibres dans une matière textile; aussi peut-on les déterminer l'une par l'autre, soit par le calcul, soit par une méthode graphique.

Un certain nombre d'essais portant sur les fils doivent être effectués sur une longueur déterminée de ces derniers. Pour obtenir cette longueur sans perte de temps on a recours à des appareils spéciaux dits « dévidoirs d'échantillonnage » et qui permettent de prélever rapidement sur un lot de bobines, la longueur fixée qui est généralement de 1.000 mètres.

Pour déterminer le numéro d'un filé, il faut connaître à la fois son poids et sa longueur; si l'on part d'une longueur constante, il suffit de mesurer le poids, et par une graduation convenable de la balance on peut obtenir directement la lecture du numéro correspondant. Cette détermination se fait en général au moyen de balances dites « romaines de numérotage » dont les unes sont prévues pour fonctionner avec des écheveaux de 1.000 mètres, tandis que pour d'autres il suffit d'opérer avec des longueurs beaucoup plus faibles, de l'ordre de 1 mètre ou même de 10 centimètres.

La vérification de la régularité du fil est d'une importance considérable, aussi bien pour le contrôle des opérations de filature que pour la conduite du tissage et l'estimation de la résistance à l'usure du tissu à fabriquer. Pendant très longtemps cette vérification s'est faite uniquement à la vue, en enroulant le fil en spirales sur des planchettes de bois noir; l'enroulage peut être automatique et avec plusieurs planchettes on peut vérifier et comparer la régularité des filés différents; toutefois l'œil n'est à ce point de vue qu'un instrument assez grossier, et une vérification opérée de cette manière ne peut être précise. Aussi utilise-t-on aujourd'hui des appareils enregistreurs fort ingénieux, qui mettent en évidence les moindres irrégularités dans l'épaisseur du fil, amplifiant celles-ci vingt fois ou même davantage; ils permettent d'obtenir un graphique montrant toutes les irrégularités amplifiées, en même temps qu'un système spécial permet de compter le nombre des irrégularités par unité de longueur; ces appareils, qui reposent sur l'emploi d'un système pendulaire peuvent être actionnés soit à la main, soit au moyen d'un petit moteur électrique.

Il est également très avantageux, afin de supprimer tout tâtonnement en cours de fabrication, de déterminer à l'avance l'étirage auquel doit être soumise la fibre à son passage dans les différentes machines de la filature; cette détermination préalable s'effectue sur un appareil spécial qui permet d'employer les cylindres et organes de pression des machines elles-mêmes. Grâce à une gamme complète de pignons de rechange, on peut faire varier les divers étirages tandis qu'un calibre gradué permet de régler les écartements entre les cylindres. L'écartement entre deux cylindres doit, en général, être légèrement supérieur à celui de la longueur maximum des fibres, de manière à éviter que celles-ci puissent être pincées entre deux cylindres à la fois; cela explique l'importance que l'on doit attacher à la régularité de longueur des fibres, pour mener à bien les opérations de filature.

Pour mesurer la torsion, on a recours à des appareils appelés torsiomètres, dont le principe est le suivant : une des extrémités du fil est maintenue fixe, tandis que l'autre est détordue; il suffit de mesurer l'allongement correspondant, la torsion étant une fonction de cet allongement. Il est généralement difficile de mesurer la torsion d'un fil simple et le torsiomètre est surtout utilisé pour mesurer la torsion de plusieurs fils ensemble.

La ténacité et l'extensibilité des fibres textiles brutes se mesurent au moyen de dynamomètres, mais l'opération est assez longue et difficile, car, pour obtenir une précision suffisante, il est indispensable d'opérer sur un grand nombre de fibres, au moins une trentaine. Il existe de nombreux types de dynamomètres dont les plus anciennement employés sont les dynamomètres à balance; leur principe est extrêmement simple : l'un des bras du fléau porte une pince

dont les mâchoires sont tournées vers le bas et la fibre à essayer est tenue entre cette pince et une autre fixée au socle; en augmentant la charge d'une manière continue sur l'autre bras du fléau on provoque la rupture et la force de traction à ce moment peut être mesurée par le déplacement d'une aiguille à mouvement irréversible; c'est la solution adoptée dans le dynamomètre Beyaert, l'un des plus perfectionnés de ce type. Pour les laines on emploie souvent un appareil dit microdynamomètre constitué par une balance dont un bras se termine par une pièce métallique qui plonge dans un bain de mercure; en abaissant le vase contenant le mercure, on augmente le poids apparent de la pièce métallique et l'on provoque finalement la rupture de la fibre; la force de rupture et l'allongement sont inscrits sur un tambour enregistreur. Les dynamomètres les plus fréquemment employés aujourd'hui reposent sur un autre principe et permettent de faire des opérations beaucoup plus rapides; ils sont constitués par un système de pinces et d'aiguilles à levier combinés avec des flotteurs; dans le type à bain d'eau, aujourd'hui très répandu, on peut effectuer jusqu'à 45 ou 50 essais, à l'heure, et avec une grande précision, du fait que les frottements sont réduits au minimum.

Tous les essais précédents, s'ils donnent des résultats très précieux, au point de vue de la conduite du travail ont l'inconvénient de ne pas placer les fils dans les conditions réelles du tissage; aussi complète-t-on aujourd'hui ces essais par un appareil destiné à essayer les fils, qui a été imaginé par un ingénieur italien, et dans lequel se trouvent réalisées toutes les conditions du métier à tisser au point de vue des efforts de tension, de glissement, de frottement, etc... on peut ainsi mettre en évidence tous les défauts que présentent les fils au point de vue du tissage.

Les divers appareils de laboratoire que nous venons de passer en revue présentent un gros intérêt pour les industriels puisqu'ils permettent de les guider avec certitude dans leurs achats comme dans leurs fabrications; toutefois, seules les firmes d'une certaine importance peuvent faire les frais d'un laboratoire comportant un outillage complet et un personnel spécialisé; aussi y a-t-il intérêt à ce que soient créés des laboratoires collectifs ayant, autant que possible, un caractère public et impartial, propre à faciliter le règlement des contestations entre les acheteurs et les vendeurs.

Il faut citer à ce point de vue, le bel exemple donné par la Chambre de Commerce de Roubaix qui a magnifiquement organisé le laboratoire des conditions de matières textiles de cette ville; ce laboratoire ne s'occupe pas seulement des questions de conditionnement proprement dites, qui ont pour but, suivant l'expression consacrée, la détermination « du poids loyal et marchand », il est en même temps outillé pour tous les essais relatifs à l'industrie textile et aux industries annexes, telles que celles de la teinture, du blanchiment, etc... Le laboratoire de Roubaix, qui fonctionne depuis le milieu du siècle dernier, a subi récemment d'importantes extensions qui en font un organisme de travail de premier ordre; parmi les nouvelles installations, il faut citer en particulier la salle d'hygrométrie, parfaitement aménagée pour l'étude des rapports des matières textiles avec l'humidité; un équipement spécial est également prévu pour l'étude des altérations des matières textiles (notamment par formation d'hydro et d'oxycellulose), des défauts de teinture, etc... Il serait à souhaiter que tous les centres textiles soient pourvus de laboratoires aussi bien outillés pouvant se charger de tous les essais nécessaires aux industriels.

L. P.

*
**

L'évaporation du sol.

On peut avoir besoin, dans certains cas, de connaître la quantité d'eau perdue par évaporation soit par un sol donné soit par une étendue liquide, pendant un laps de temps déterminé.

Dans le cas d'une nappe liquide, bassin, lac, une mesure directe, précise, de l'abaissement du niveau est possible sans présenter de difficulté. Il n'y a pas lieu d'utiliser, comme intermédiaire, un appareil dont on aura à interpréter les résultats.

Il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit d'un terrain. L'évaporation d'une substance humide dépend de nombreux facteurs : chaleur spécifique, fraction de saturation de l'atmosphère, température, pression atmosphérique, agitation de l'air, auxquels s'ajoute, dans le cas de la terre, la capillarité, variable avec la composition physique et l'état colloïdal.

Par suite, alors qu'il est facile de faire une mesure *directe* de la quantité d'eau évaporée par une surface liquide, il est difficile de se rendre compte de la quantité d'eau évaporée par un hectare de terrain (supposé sans végétation pour simplifier).

Les appareils désignés sous le nom d'évaporomètres donnent comme indication la quantité d'eau évaporée *par les appareils eux-mêmes* et non par le sol situé au voisinage. Ils ne peuvent servir que pour évaluer la différence d'intensité des propriétés desséchantes de l'air entre plusieurs stations : ceci peut offrir de l'intérêt, cela ne résout pas le problème.

Nous avons essayé de nous rapprocher des conditions naturelles d'évaporation en utilisant le dispositif suivant : un cristallisoir en verre (diamètre moyen 143 mm., surface 160 cm²) est rempli, jusqu'à environ un centimètre du bord, avec la terre du champ à étudier; on sature avec de l'eau jusqu'à ce que celle-ci dépasse de un ou deux millimètres au plus la surface de la terre du cristallisoir et, après avoir pesé le tout on place le cristallisoir dans un trou creusé dans le sol de façon que le bord dépasse juste la surface du terrain.

De cette façon, on a *isolé* une surface connue (160 cm² dans le cas présent) de terre humide au milieu de la surface du terrain.

Au bout d'un certain nombre d'heures, par exemple du matin au soir ou du soir au lendemain matin,

on retire le cristallisoir et on le pèse; la perte de poids correspond à la quantité d'eau évaporée : dans le cas de l'expérience, 1 gr. = 1 cc. représente l'évaporation d'une lame d'eau de 0,055 millimètres d'épaisseur.

Avant d'indiquer quelques chiffres que nous avons obtenus en Cochinchine (Saïgon), allons au-devant de certaines critiques. Pourquoi saturer d'eau la terre du cristallisoir?

La terre en place s'alimente en eau par la profondeur; le fond du cristallisoir isole la terre qu'il renferme, il semble qu'il faille y remédier; d'ailleurs la mince couche d'eau qui dépasse la surface de la terre du cristallisoir est vite évaporée en général. Il serait peut-être bon d'imaginer un dispositif assurant une alimentation automatique et régulière par le fond du cristallisoir, de façon à maintenir à peu près constante l'humidité de la terre (pour éviter que les canaux capillaires de la terre ne soient rompus par une dessiccation superficielle trop accentuée), mais dans ce cas il faudrait mesurer la quantité d'eau utilisée et en tenir compte dans les calculs.

A côté de l'évaporation par la surface du sol, il y aurait à mesurer les gains par condensations nocturnes de la vapeur d'eau atmosphérique; cette étude serait à entreprendre en Cochinchine où ces condensations sont parfois très abondantes.

Voici quelques résultats obtenus par nous à Saïgon au mois d'août 1926 :

1926 Août	DURÉE	Evaporation totale en millim.	Evaporation moyenne horaire en millim.	Etat du ciel
5 —	de 10h30 à 16h30 = 6 h.	0,77	0,13	alternativement nuageux et découvert pendant le jour.
7 —	de 9h à 16h = 7 h.	2,70	0,35	
8 —	de 10h à 18h = 8 h.	1,92	0,24	
	Nuit du 8 au 9 :			
	de 18h à 8h =14 h.	0,11	0,008	
9 —	de 8h à 15h30 = 7h30	1,21	0,16	
10 —	de 8h15 à 16h30 = 8h15	2,25	0,27	
	Nuit du 10 au 11 :			
	de 16h30 à 9h45=17h15	0,60	0,035	
11 —	de 9h45 à 16h45= 7 h. (environ)	2,85	0,40	

On remarquera que l'évaporation a pu varier de 1 à 3 en intensité d'une journée à l'autre.

D'autre part, admettons les chiffres 0,13 mm. et 0,40 mm. comme évaporation horaire moyenne pendant ce mois d'août, au cours des journées sans pluies de la petite saison sèche qui divise la saison des pluies proprement dite, et admettons que ce taux d'évaporation se maintienne pendant 10 heures, l'évaporation journalière serait capable de faire disparaître une lame d'eau de 1,30 à 4,0 mm. mais nous nous garderons d'extrapoler pour obtenir l'évaporation pendant une période de *n* jours, notre expérience ayant duré trop peu de temps.

En Egypte, d'après des expériences rapportées par M. Andebeau-Bey, l'étude de l'évaporation au moyen de récipients remplis de terre soit argileuse, soit argilo-sablonneuse, dont la nappe d'eau était maintenue à 0 m. 75 ou à 1 m. 50 de la surface, a montré que celle-ci est très intense lorsque l'eau souterraine est assez voisine de la surface (0 m. 75) — et les sels de l'eau qui servaient à maintenir le niveau de la nappe ont dans ce cas grimpé à la surface en formant des inflorescences; l'effet a été surtout rapide avec la terre argilo-sablonneuse.

D'après l'observatoire du Caire (1887 et 1888) l'évaporation serait de 12 mm. par jour en juillet, de 2,30 en janvier; en moyenne de 6,42, ce qui correspond à 2,35 mètres par an. Lors de la construction du canal de Suez, et au moment du remplissage des Lacs Amers, M. Lavaley, entrepreneur des travaux, observa de mars à août une évaporation de 3 à 4 mm. seulement. Pour le grand barrage d'Assouan, l'évaporation est de 8 mm. par jour pendant la saison des crues.

Ces derniers renseignements n'ont guère de rapport avec les observations citées plus haut, faites en pays tropical; nous les proposons pour montrer la difficulté qui réside dans l'organisation des expériences et pour donner une idée de l'ordre de grandeur du phénomène.

A tout prendre, l'évaporation par le sol, au lieu d'être un mal ne serait-elle pas, dans certains cas, un bien en favorisant la montée de l'eau des nappes profondes vers la surface, au profit de la végétation? C'est là, un autre aspect de la question.

Marcel RIGOTARD.

§ 4. — Géographie.

La richesse minière de la Nouvelle-Calédonie.

La Nouvelle-Calédonie mérite d'être comptée parmi celles de nos colonies offrant d'importantes ressources minérales, et l'industrie minière s'y développe graduellement, surtout depuis quelques années. Par leur abondance, leur variété et leur qualité, ces richesses du sol assurent la prospérité de l'île. Il y a déjà longtemps qu'elles ont été signalées. Nous rappelons à cet égard le nom du R. P. Montrouzier qui le premier donna, en 1860, un aperçu sur la constitution géologique de la Nouvelle-Calédonie. Ce fut ensuite l'ingénieur Jules Garnier qui, chargé de mission en Océanie de 1863 à 1867, signala l'un des premiers les grandes richesses minérales de l'île. Beaucoup d'autres spécialistes érudits, dont toute une bibliographie pourrait être établie, ont sérieusement présenté ensuite de très importantes études à ce sujet. Nous citons particulièrement, entre autres, M. F. Ratte, ingénieur des Arts et Manufactures, chargé d'une mission scientifique en Nouvelle-Calédonie; il y a présenté, en 1878, un exposé très précis et détaillé de tous les gisements métallifères de l'île, et une collection, recueillie par lui en 1877-1878, a été envoyée à Paris[1]. Il est intéressant de signaler que, dès cette

1. Voir notamment, F. RATTE : *Note sur les roches et gisements métallifères de la Nouvelle-Calédonie et catalogue explicatif de la collection envoyée à Paris en 1878.*

époque, on put se rendre compte des richesses minérales existant dans l'île.

Depuis sa mission en Océanie de 1863 à 1867, M. Jules Garnier a bien fait ressortir toute l'importance de ces richesses. Il a notamment présenté sous une forme très précise un *Mémoire sur les gisements de cobalt, de chrome et de fer de la Nouvelle-Calédonie : leur emploi industriel*[1]. Ce mémoire offre d'autant plus d'intérêt qu'il est accompagné d'une carte géologique très précise de la Nouvelle-Calédonie.

A l'Exposition universelle de 1900, comme d'ailleurs déjà à celle de 1889, on s'efforça de mettre en relief toute la valeur des mines de la Nouvelle-Calédonie et, à cette occasion, il a été donné d'importantes précisions les concernant[2].

Présentons maintenant un aperçu sur les principales richesses minérales que possède la Nouvelle-Calédonie et sur les causes qui nous ont amené leur présence. Puis nous verrons combien s'est accru le développement de leur mise en valeur.

Comme base, le sol de la Nouvelle-Calédonie se compose de terrains primitifs très développés, sur lesquels repose une série sédimentaire secondaire, assez incomplète, où l'on rencontre des assises triasiques, jurassiques et crétacées. Puis, comme terrains modernes, on trouve une formation oolithique quaternaire et une formation oolithique encore en activité.

C'est par l'action des roches éruptives que se sont produites sur ces terrains les formations minérales, et leurs gisements se rencontrent dans les zones occupées par ces roches qui jouent un rôle considérable dans toute la constitution géologique de l'île, en même temps que dans la production de la richesse minière du pays.

Les principaux groupes de ces roches éruptives sont d'abord les roches vertes anciennes, quelquefois porphyriques, mais généralement ophitiques, puis les roches à glaucophane et les roches diorithiques, et l'on y trouve, principalement dans le nord de l'île, des gisements d'or, de cuivre, de plomb argentifère, de zinc, etc. C'est dans les roches porphyriques modernes qu'existent les couches de houille. Puis se trouvent des éruptions méliphyriques où l'on rencontre, dans les amas triasiques, le manganèse, un peu d'or et de cuivre. C'est dans les roches serpentineuses modernes qu'existent en très grande abondance le nickel, le cobalt, le chrome et le fer hydroxydé. Du sulfure d'antimoine se trouve à Nakéty. Il existe aussi dans les roches siliceuses des traces d'antimoine, d'argent et de cinabre. Il y a du schiste cinabrifère avec mercure natif. On a découvert aussi un peu de pétrole.

Une richesse précieuse pour la Nouvelle-Calédonie est la houille. Sa présence avait été signalée en 1846 par le R. P. Montrouzier. Mais ce fut après de longues recherches que l'on put reconnaître l'étendue et la qualité des couches. On fut amené à constater que la formation houillère occupait dans l'île une superficie de près de 50.000 hectares[1].

La mise à profit de toutes ces richesses n'a cessé de prendre depuis notre occupation de l'île une importance de plus en plus considérable. Elle l'a dû surtout à ce que la population s'y est accrue par la venue de nombreux colons travailleurs et de beaucoup de spécialistes érudits et compétents pour la mise en pratique de ces richesses du sol. Des sociétés se sont formées, des usines ont été créées, des outillages d'extraction ont été préparés, des voies de communication ont été établies et les moyens d'exportation se sont multipliés.

Pour tous les minerais, les chiffres de production, malgré des baisses temporaires dues à des causes variées, n'ont cessé de s'accroître[2]. Pour le nickel, par exemple, la production qui avait été de 52.000 tonnes en 1883, est descendue en 1922 à 45.000, puis n'a cessé de remonter et a atteint 117.648 tonnes en 1928. D'après de premières indications données, on peut penser que l'extraction aura atteint, en 1929, 130.000 tonnes environ.

Pour le chrome, la production avait été de 46.435 tonnes, puis après une baisse également en 1921 et 1922, elle est montée, en 1928, à 39.624 tonnes. La Société des Hauts-Fourneaux a fait procéder, dans les vallées de la Coulée et de la Haute-Yaté, à d'importants travaux lui permettant l'exploitation d'un groupe de mines de chrome.

Certains autres minerais, le cobalt et la manganèse, pourraient être exploités, mais leur mise en valeur n'a pu être entièrement réalisée pour des raisons économiques diverses. L'exploitation d'une mine de plomb-zinc va reprendre une nouvelle activité. Le tonnage extractif de la houille de Moindou a été de 17.000 tonnes en 1928, et cette production sera certainement augmentée encore par de nouveaux travaux.

Des produits importants de transformation minérale sont faits de plus en plus par les usines locales créées et en 1928, il a été fondu 1.589 tonnes de sulfure de nickel et 543 tonnes de ferro-nickel. La production minière s'est plus accentuée encore au cours de 1929.

En dehors d'emplois locaux dus à des créations industrielles, le plus fort de tous ces produits miniers se trouve exporté en France surtout, et aussi à l'étranger.

Jetons d'abord quelques coups d'œil sur les

1. Paris, 1867. Extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*. — Voir aussi de Jules Garnier : *Voyage autour du monde. La Nouvelle-Calédonie et ses dépendances*. Nouv. édition illustrée avec carte. Paris, Plon, 1880.

2. *Notice sur la Nouvelle-Calédonie. Ses richesses, son avenir. Rédigée pour l'Exposition Universelle de 1900*. Paris, Librairie Paul Ollendorff, 1900, in-8°. — A l'exposé de ce qui concerne les mines sont consacrées les pages 175-230.

1. Voir, A. M. Pouyn : *Essai sur les recherches de houille en Nouvelle-Calédonie*. Nouméa, 1887. — Louis Pilleux, article dans *La Grande Oasis*, 1892 ; Félix Garreau : *La houille en Nouvelle-Calédonie* (*L'Oeuvre Française*, 1913, p. 308-318, 349-365).

2. Les détails précis ont été fournis par le Service des Mines. Voir notamment, L. II : *L'exploitation minière de la Nouvelle-Calédonie* (*L'Oeuvre Française*, janvier-février 1930, p. 9-30). Des renseignements précis n'ont cessé d'être fournis par *L'Oeuvre Française* sur toutes les richesses minières de l'île.

ce qui en fut avant nos années récentes. Notre colonie exportait, en 1875, 327 tonnes de minerai pour 327.000 francs; puis 54.000 tonnes en 1891, pour 5.678.000 francs; 38.000 tonnes seulement en 1895, qui fut une année de crise, pour 1.948.000 francs; 130.000 tonnes en 1906, pour 3.929.000 francs. Voyons maintenant ce qu'ont été les résultats plus récents.

Comme l'a dit M. le gouverneur Guyon, dans un discours du 17 août 1926, il a été exporté 1.000 tonnes de mattes de nickel de plus en 1925 qu'en 1913, les usines de fusion ayant développé leurs installations et amélioré leurs procédés de fabrication. En 1926, des exploitations minières nouvelles ont été ouvertes en certains points pour la Société des Hauts-Fourneaux. Les charbonnages du Moindou sont entrés en ce moment en pleine exploitation.

En 1926, les chargements de minerais de chrome ont présenté une augmentation de 5.039 tonnes sur les exportations de 1925, soit 23.593 tonnes au lieu de 18.554. La valeur de ces sorties représentait 6.723.000 francs contre 3.623.000 en 1925. Les mattes de nickel, qui constituent le principal article d'exportation de l'île, ont présenté une plus-value de 603 tonnes, en passant de 4.435 en 1925 à 5.038 en 1926. De grandes entreprises industrielles ont été créées pour la mise à profit des charbonnages de Moindou.

En 1928, les exportations de minerais de chrome ont présenté une activité beaucoup plus considérable que précédemment. Elles se sont élevées à 56.898 tonnes d'une valeur de 16.550.000 francs, dépassant de 14.013 tonnes et de 4.832.000 francs les expéditions de l'année précédente. Les exportations de mattes de nickel, qui avaient baissé en 1927 à 4.429 tonnes, ont aussi été en progression en 1928, s'étant élevées à 5.428 tonnes. Une preuve de la mise à profit de la grande richesse minérale de la Nouvelle-Calédonie c'est qu'en 1929, du 1er janvier au 1er septembre, il a été délivré par le Service des Mines 186 permis de recherche pour 52.241 hectares.

Il est bon de signaler que, pour garder et accroître les avantages minéraux de la Nouvelle-Calédonie, ce qui s'impose, c'est de compléter son réseau de routes et de chemins de fer, et aussi de moderniser le port de Nouméa, qui est l'une des rades les plus vastes et les plus sûres du Pacifique [1]. Les grandes sociétés minières qui ont été créées à la Nouvelle-Calédonie pourront ainsi de plus en plus mettre à profit les fortes richesses qu'offre son sol et en faire bénéficier la France.

Gustave REGELSPERGER.

*
**

La production du cacao dans nos colonies.

Les productions coloniales qui fournissent une part importante de notre consommation métropolitaine sont peu nombreuses, aussi est-ce avec une légitime satisfaction que nous enregistrons l'accroissement prodigieux de la production du cacao dans nos colonies.

En 1913 nos colonies ne produisaient que 1.500 tonnes de cacao, fourni presque en totalité par nos Antilles : Guadeloupe et Martinique. Or, à cette époque, notre consommation métropolitaine était de 25.000 tonnes, la proportion de notre cacao colonial importé représentait quatre pour cent du cacao travaillé dans nos usines; une partie de la récolte restant utilisée sur place.

En 1927 notre production était près de vingt fois plus forte (exactement 18,3 fois) avec 27.500 tonnes. La Côte d'Ivoire qui ne produisait que 47 tonnes de cacao en 1913 s'inscrit en 1927 pour 9.800 tonnes, plus de 200 fois sa production d'avant-guerre! Or, c'est à peu de chose près le rythme d'accroissement de la production en Gold Coast dont à très juste titre d'ailleurs, on cite l'exemple si fréquemment. En Gold Coast, la production était de 80 livres de cacao en 1891; 908 *tons* en 1901; 39.726 *tons* en 1911; 133.195 *tons* en 1921 et 205.000 *tons* en 1927 (pour une production mondiale de 500.000 tonnes). Actuellement notre consommation de cacao s'élève à 45.000 tonnes environ, nous pouvons donc trouver dans nos colonies 61 pour cent de nos besoins en cette denrée.

Il est bon cependant de faire remarquer que c'est vers la production des cacaos fins, beaucoup mieux payés, que nos colonies doivent s'orienter afin de supporter plus facilement la concurrence des pays très gros producteurs, poursuivant presque uniquement la production des graines de qualité ordinaire.

M. R.

§ 5. — Agriculture.

La météorologie agricole en Indochine.

Le chef du bureau de climatologie et de météorologie agricole d'Indochine, M. Paul Carton, ingénieur agronome, vient de faire une communication des plus intéressantes sur l'organisation du Service Météorologique de cette colonie [1]. Nous croyons d'autant plus utile d'en reproduire de larges extraits que le côté agricole de la météorologie est trop souvent négligé et qu'au cours d'un séjour dans notre splendide colonie asiatique nous avons maintes fois déploré l'absence de documentation météorologique relative soit à une région donnée, soit au développement des plantes cultivées. A l'avenir les colons et les hommes de science auront à leur disposition une somme de renseignements qui s'accroîtra d'année en année [2].

Le Service météorologique de l'Indochine a été créé en 1902 par notre grand Gouverneur Général Paul Doumer. Son centre et ses services annexes sont installés à l'Observatoire Central de Phu-lien, colline de 115 mètres d'altitude à 10 kilomètres au S.S.W.

1. C'est ce qui vient d'être mis en relief récemment dans *La Dépêche Coloniale et Maritime*, 27 mai 1930.

1. *Bull. Assoc. des Ingénieurs agronomes*. Paris, avril 1930.

2. Les publications périodiques du Service de climatologie sont : *Bull. mensuel des observ. faites dans les stations du réseau* et *Bull. pluviom. annuel* (Hanoï).

de Haïphong (Tonkin). La colonisation qui se développa si largement après la guerre, en Indochine, réclama nécessairement des précisions climatologiques que les Services institués en 1902 ne pouvaient fournir qu'en partie et il fut bientôt indispensable de donner à la météorologie une importance en rapport avec les besoins de l'extension des plantations. En 1926 une réorganisation complète de Service Météorologique fut effectuée sur l'initiative et d'après les propositions de M. Durand, alors directeur, à qui succéda M. Bruzon, ancien officier de marine.

Les attributions de la *Section Météorologique proprement dite* sont : Dynamique de l'atmosphère — Centralisation des renseignements météorologiques de l'Indochine et de tout l'Extrême-Orient — Etablissement des cartes du temps — Prévisions à l'usage du public — Bulletins à l'usage des navigateurs — Service des avertissements de typhons (destinés principalement à la protection de la navigation maritime) — Service de protection de la navigation aérienne — Envoi de météogrammes voie radio (Shanghaï, Hong-Kong, France, etc. — Sondages aérologiques — Publications diverses.

Le Service de prévision du temps a pris un grand développement en vue des prochains besoins de l'aviation.

La Section de Météorologie agricole a pris une grande importance.

En 1927 et 1928 de nombreuses stations nouvelles furent créées et actuellement le réseau comprend :

26 stations météorologiques ;

59 stations climatologiques ;

338 stations pluviométriques.

Le chef du bureau de climatologie fut guidé par le souci de parvenir « à une connaissance complète du climat des différentes régions de la Péninsule, et, tout particulièrement, de celui des zones de grand avenir au point de vue de la colonisation agricole »[1].

En plus des stations primitivement réparties sur le littoral, deux autres lignes parallèles ont été établies suivant la vallée du Mékong et suivant les contreforts et les hauts plateaux de la chaîne annamitique. Il faut signaler à ce propos que plusieurs stations climatologiques ont été installées dans les concessions *à la demande même des directeurs de plantations*, qui collaborent de la sorte avec un Service particulièrement utile pour eux. Cette liaison réalisée entre un service administratif et les particuliers est, on peut le dire en toute simplicité, tout à l'honneur du chef du bureau de climatologie qui a fait preuve, en la circonstance, d'un doigté particulièrement digne de retenir l'attention.

Les stations météorologiques et les stations de climatologie sont pourvues des instruments suivants :

Thermomètres à maxima et à minima, psychromètre, évaporomètre de Piche, thermomètre et hygromètre enregistreurs, pluviomètre, girouette. Certaines possèdent, en plus : héliographe, thermomètres à maxima et à minima pour la température près de la surface du sol, géothermomètres, géothermomètres enregistreurs : quelques unes auront prochainement un anémomètre enregistreur.

Quant au réseau pluviométrique, ses 338 stations ajoutées aux 85 stations climatologiques et météorologiques proprement dites portent à 423 le nombre des postes faisant des relevés de précipitations atmosphériques.

Il ne faut pas se faire d'illusions exagérées sur la continuité des observations pluviométriques faites dans les endroits perdus : M. Carton sait mieux que personne que le jour où le préposé au relèvement du pluviomètre aura un accès de paludisme ou de dysenterie, ou lorsqu'il aura à s'absenter les cahiers d'observation porteront un blanc ou une indication vague. Mais doit-on pour autant s'arrêter sur la voie suivie? Personne ne peut prétendre que les postes d'importance secondaire n'ont pas d'intérêt : ils réduisent en tout cas le coefficient d'incertitude dans les interpolations et c'est déjà beaucoup!

En dehors de la climatologie par régions, il est d'une grande importance pratique d'entreprendre des études approfondies d'*écologie agricole*. Connaître le mode de développement des plantes cultivées en parallélisme avec le déroulement saisonnier des phénomènes météorologiques, comparer les rendements obtenus avec les courbes de température, de précipitations atmosphériques, d'humidité, d'insolation, etc., constitue une série de problèmes dont la solution intéresse le généticiste comme le planteur. Le milieu atmosphérique intervient plus intensément sur la plante que le milieu géologique : la plante peut s'accommoder plus ou moins d'un terrain donné, elle exige des normes précises pour fleurir et fructifier. Plus on s'en écarte moins les résultats sont avantageux et M. Carton, en agronome averti, ne manque pas de faire ressortir que « tout, finalement, en agriculture revient, en effet, à une question d'économie rurale » : c'est sur cette réflexion d'un caractère tout positif que l'on nous permettra de laisser le lecteur.

Marcel Rigotard.

1. Brüzon et P. Carton. *Le climat de l'Indochine et les typhons de la mer de Chine* (Imp. d'Extrême-Orient, Hanoï, 1929).

LE CONGRÈS DE LA ROSE ET DE L'ORANGER AU SAHARA

L'Académie d'Agriculture m'a fait l'honneur de me déléguer au Congrès de la Rose et de l'Oranger au Sahara qui vient d'avoir lieu avec un plein succès à El-Goléa sous la présidence de M. Ricard. Je vous demande la permission de retracer les étapes de cette merveilleuse randonnée.

Arrivé à Alger, après une excellente traversée, la mission a dû se partager en deux groupes, désirée, aussi notre mission a-t-elle été saluée avec joie, nous avons la *baraka* et le souvenir de restera dans l'esprit des populations.

Bou-Saada est séduisant par sa belle palmeraie verte traversée par l'oued qui porte son nom, son quartier arabe, si pittoresque, et ses mosquées; on y jouit d'un calme reposant dans le confort de l'hôtel Transatlantique. Après la visite

Fig. 1. — Chefs arabes dans le desert entre Gardaïa et El Goléa.

cheminant à jour d'intervalle, à cause de l'insuffisance des chambres dans les hôtels transatlantiques des étapes intermédiaires.

Parti d'Alger avec objectif Bou-Saada, première oasis au seuil du désert, notre groupe a gagné Maison-Carrée où se trouve un jardin aux cultures fruitières et arbustives très variées, puis a traversé la Mitidja, plaine fertile avec ses riches vignobles, ses champs de tabac, ses orangers mêlés aux eucalyptus. Nous gravissons ensuite l'Atlas méditerranéen par une magnifique route entourée de montagnes verdoyantes qui font bientôt place à des massifs stérilisés par le parcours des chèvres et des moutons, et nous gagnons les plaines des hauts plateaux où la seule culture est celle du blé; puis cette culture disparaît et ce ne sont plus, après Aumale, que des pâturages où le mouton pullule; il constitue la richesse de la région. Nous parcourons ainsi des plaines immenses sans autre végétation que les plantes broutées par les moutons.

Notre arrivée à Bou-Saada et plus tard à Laghouat à coïncidé avec la pluie, depuis longtemps de quelques jardins, sous la direction de M. Lemmet, chef du service agricole des territoires du Sud, et le pèlerinage à la tombe du peintre Dinet, nous reprenons notre course, dans nos cars confortables à travers les plateaux d'abord arides, puis bientôt couverts de plantations d'alfa. Nous traversons une exploitation de cette précieuse plante, richesse de ces plateaux, qui est expédiée surtout en Angleterre.

Nous gravissons les pentes de l'Atlas saharien et nous arrivons à Djelfa où la pluie battante nous accueille. Sous cette influence Djelfa, avec ses maisons à l'européenne, basses et sans caractère, son altitude à près de 1.200 mètres qui l'expose à des hivers rigoureux suivis d'étés torrides, nous apparaît comme une triste station. C'est toutefois le plus important marché d'élevage de la région des Oued-Naïl, avec sa tête de ligne du chemin de fer d'Alger.

Nous redescendons les pentes tristes et désolées de l'Atlas et nous entrons dans le désert. Nous arrivons à Laghouat à la nuit, un peu fatigués de la monotonie et de la tristesse du parcours.

L'accueil charmant qui nous est réservé à l'hôtel Transatlantique nous remet en joie. C'est sous un beau soleil que le lendemain nous visitons, avec M. Lemmet, les jardins bien irrigués qui nous révèlent déjà la fertilité du sol, où les agrumes, les arbres fruitiers, présentent une belle végétation au milieu des palmiers mélangés à de magnifiques eucalyptus. Les légumes poussent en abondance et les champs de blé, d'orge, de mil

Fig. 2. — Les Bassours Touareg à la fantasia d'El-Goléa.

présentent leur verte parure partout où l'eau est amenée. Laghouat est le séjour du Bachaga Djelloul dont les jardins sont admirables.

Nous quittons Laghouat pour Ghardaïa sur une piste jalonnée par des amas de pierre et nous parcourons des steppes pierreuses immenses couvertes d'une végétation très variée de plantes xérophytes ; celles-ci n'attendent que la pluie pour transformer la steppe en plaines verdoyantes éphémères où paissent encore les moutons, et ensuite les chameaux.

Le paysage très aride montre de temps en temps des dépressions appelées *daïas* où l'eau se conserve assez longtemps pour qu'elles se couvrent d'une végétation arbustive formée de jujubiers dominants avec des pistachiers, ou *bétoums* dont les fruits médiocres sont vendus sur le marché de Ghardaïa. La plaine est parsemée de collines au sommet aplati, les *garas*.

Nous entrons bientôt dans le M'zab, pays occupé par les M'zabites, tribus berbères qui s'y réfugièrent dans le désert au moyen âge pour échapper à la poursuite des Arabes. Dans ce pays tout à fait stérile, ces tribus ont réussi à créer les belles oasis qui abritent maintenant les sept villes saintes du M'zab parmi lesquelles Gardaïa est une des plus importantes.

En approchant de cette dernière nous admirons la disposition des nombreux murets destinés à canaliser l'eau de pluie qui ruisselle sur les roches stériles pour l'amener dans les citernes.

De nombreux puits très pittoresques, creusés sou-

vent à une grande profondeur, amènent l'eau à la surface du sol sous l'effort des animaux ou des femmes. Ils assurent, avec des barrages de retenue, la distribution des eaux, source de prospérité.

Ghardaïa est bâtie en amphithéâtre sur un mamelon et dominée par sa mosquée d'architecture spéciale aux M'zabites. Très curieuse et très propre, comme toutes les villes saintes du M'zab, elle est assez loin de l'oasis et des beaux jardins qu'elle renferme ; leur visite nous a beaucoup intéressé.

En quittant Ghardaïa, nous traversons une zone désertique de plus de 300 kilomètres, pour arriver à El-Golea.

La présence de M. Marcel Héraud, sous-secrétaire d'Etat au Ministère de l'Intérieur et de M. le Gouverneur Général Bordes a été l'occasion d'une grandiose réception ; les feux de palmiers qui jalonnaient notre route à la tombée de la nuit, les détonations des mousquets, nous ont accueillis, et le lendemain, entre deux séances du Congrès, le défilé des Meharas, la présence d'une délégation de chefs Touaregs ont donné à notre séjour à El-Golea un caractère de grandeur inoubliable.

Contrairement à Laghouat, et surtout à Ghardaïa où la ville est indépendante des oasis, il n'existe pas de groupement important d'habitations à El-Golea, les habitations étant presque toujours dispersées dans les jardins. L'eau, amenée par des puits artésiens, transforme cette oasis en un pays enchanteur. On circule au milieu des palmiers, des orangers, des mandariniers, des citronniers chargés de fruits ; les roses de Damas au suave parfum, les myrtes, les violettes mêlent leurs effluves dans l'air embaumé, et le sol libre entre les arbustes est couvert de légumes de toutes sortes : asperges, pois, fèves, carottes, etc.

On demeure émerveillé devant cette splendide végétation à quelques centaines de mètres du grand désert aride et silencieux.

Le Congrès s'est ouvert, sous la présidence de M. Ricard, assisté de M. Marcel Héraud, de M. le Gouverneur Général Bordes, et des deux vice-présidents, M. le Bachaga Djelloul et moi-même.

En dehors des personnages officiels, des représentants de la presse, les membres scientifiques du Congrès étaient : le major Chipp, Directeur-adjoint du jardin de Kew ; M. H. Mason, Membre de la Société royale d'Agriculture de Londres ; M. Freckmann, Professeur à l'Ecole supérieure d'Agriculture de Berlin ; M. Zorner, chargé de cours à l'Ecole supérieure d'Agriculture de Berlin ; M. Royo, attaché agricole à l'Ambassade d'Espagne à Paris ; M. Fawcett, Professeur à l'Université de Californie ; MM. Bois, Professeur de culture au Muséum ; Prud'homme, Directeur de l'Institut colonial à Nogent ; Maire, Professeur de botanique à l'Université d'Alger ; Bussard, Professeur à l'Ecole Nationale d'Horticulture ; Nomblot, Député, Secrétaire de la Société nationale d'Horticulture ; Seret, Président de la Société d'Horticulture ; Gravereau, Directeur de la roseraie de l'Hay ; Fontanille, Directeur de l'Union des Syndicats agricoles d'Alger ; Gattefossé, Ingénieur de la Société des Roseraies de l'Oued Yanem.

Fig. 3. — Petit lac d'El-Goléa.
Phragmites communes, au fond ; M. Mangin, à droite, à côté d'un officier.

Après un brillant discours du président qui pose la question de l'utilisation des cultures de l'oasis, le commandant de Lafargue a développé un intéressant historique d'El-Golea ; puis le commandant Cauvet, l'un des pionniers des oasis, nous a entretenus des travaux horticoles qu'il a inaugurés.

Les diverses productions d'El-Golea ont été examinées par Si Mohamed Abaza dans la description de son jardin de roses et d'orangers ; par le lieutenant de Bruce, qui nous a entretenus des Roses et par le Père Février, des Pères Blancs, qui nous a vanté les agrumes.

La discussion s'est engagée sur ces diverses productions au point de vue des possibilités d'exportation.

Sans entrer dans le détail des observations qui ont été échangées par les congressistes français et étrangers, nous retiendrons les conclusions qui s'en dégagent :

D'une part, pour les agrumes on devra s'efforcer d'obtenir, par une sélection sévère, des produits de marque spéciale capables de faire prime sur les marchés et qui seront recherchés.

D'autre part, en ce qui concerne les plantes à parfum il faudra introduire ou sélectionner les meilleures espèces susceptibles de produire le parfum : roses, myrte, bergamote; extraire le parfum sur place, de façon à n'expédier qu'un produit de faible volume. On réduira ainsi au minimum les frais de transport.

La séance de l'après-midi a été consacrée à l'étude des possibilités de transport des productions des oasis. C'est ainsi que M. Jourdain, Directeur du P.L.M. algérien, a exposé les moyens commerciaux destinés à aider la production florale et celle des agrumes; que M. Bonhomme, Directeur de la Société des transports automobiles, a entretenu le Congrès du rôle de l'automobile pour la vente des productions d'El-Golea; enfin M. Bouilloux-Lafont a insisté sur le rôle de l'aviation dans le développement commercial des productions agricoles des oasis sahariennes.

Les conclusions pratiques qui se dégagent du Congrès constituent une véritable charte agricole des oasis, dont l'application en provoquant l'extension méthodique et progressive des cultures, deviendra une source de richesse pour ces régions autrefois déshéritées.

La visite des jardins de Si Mohamed Abaza, des Pères blancs, du bordj ou poste militaire et de quelques autres, nous a confirmé l'existence des admirables ressources culturales d'El-Goléa.

L'excursion du Ksar, couronné d'une vieille forteresse en ruines où les premiers Français occupant El-Golea ont séjourné, célèbre par la légende de la Sultane peut-être rivale d'Antinea; la visite à la tombe du Père de Foucaut située dans le domaine des Pères blancs, et enfin une excursion aux lacs d'El-Golea ainsi qu'aux confins du grand désert de sable ont terminé notre trop court séjour dans cette belle oasis.

C'est à regret que nous avons pris le chemin du retour avec les mêmes étapes qu'à l'arrivée. Sauf une légère tempête de sable qui nous a assaillis avant d'atteindre Laghouat, le trajet s'est bien effectué.

Au sortir de Laghouat la pluie nous a surpris, puis une tempête de neige au moment de notre arrivée à Djelfa. Là nous avons appris que les pistes avaient été endomagées par les pluies dans la direction de Bou-Saada. Nous avons dû abandonner cette partie de notre itinéraire pour revenir directement à Alger en passant par Boghari, Berroughia, Medea et Blidah. Ça été l'occasion pour nous d'admirer avec les forêts de chênes-lièges, de pins d'Alep, les belles cultures du versant Nord de l'Atlas, les gorges de la Chiffa et la plaine où Blidah étale ses roses et ses orangers.

Le Gouverneur général a offert à l'occasion de la mission une belle réception dans le Palais d'été, et le lendemain la mission s'embarquait sur le *Chanzy* pour Marseille où elle arrivait après une traversée aussi belle qu'à l'aller.

Nous devons remercier le commandant de Lafargue, qui a organisé nos étapes avec un soin particulier, et réalisé ce tour de force de transformer ce voyage de 1.000 kilomètres en une véritable promenade agrémentée aux relais par le séjour confortable des hôtels Transatlantiques.

Nous devons enfin remercier notre président M. Ricard qui a conçu l'idée et qui a fait aboutir ce Congrès, tenu en plein Sahara, et dont les conséquences pratiques ouvrent de nouvelles perspectives à la prospérité des oasis sahariennes.

Louis Mangin,
Membre de l'Institut,
Membre de l'Académie d'Agriculture,
Directeur du Muséum National
d'Histoire naturelle.

LES NOUVELLES THÉORIES DE LA DISSOCIATION ÉLECTROLYTIQUE

La théorie de la dissociation électrolytique des solutions a été formulée pour la première fois d'une façon complète par Arrhénius en 1887, et elle n'a cessé depuis lors de se montrer féconde en résultats. Elle s'est cependant heurtée à un certain nombre de difficultés, en particulier à l'impossibilité de rendre compte quantitativement du comportement des électrolytes forts. Les essais tentés en vue de la modifier ou de l'adapter ont abouti en ces dernières années à la théorie de l'attraction interionique, due à Debye et Huckel, qui se présente davantage comme un complément que comme un substitut de la théorie d'Arrhénius, et, en lui permettant de donner l'explication de certains faits, lui ouvre comme une nouvelle carrière pleine de promesses. C'est cette évolution des théories de la dissociation électrolytique que nous voudrions retracer brièvement ci-après [1].

I. — La théorie d'Arrhénius

§ 1. — Les recherches de Faraday, de Hittorf et de Kohlrausch.

C'est à Faraday que l'on doit les premières recherches sur les solutions électrolytiques, qui le conduisirent, en 1833, à formuler les deux grandes lois de l'électrolyse :

1° Dans tout processus électrolytique, la quantité d'action chimique est proportionnelle à la quantité d'électricité traversant la solution.

2° Les mêmes quantités d'électricité traversant des solutions différentes libèrent les produits de l'action chimique dans les proportions de leurs équivalents chimiques.

Pour interpréter ces lois, Faraday fut conduit à admettre l'existence dans les solutions de particules chargées, ou ions, atomes simples ou radicaux, les uns porteurs d'électricité positive, ou cations, les autres porteurs d'électricité négative, ou anions, et se dirigeant respectivement (sous l'influence du courant) vers l'une des électrodes, la cathode dans le premier cas, l'anode dans le second, où ils se déchargent et se déposent ou se dégagent. Une quantité définie d'électricité est associée avec chaque élément ou radical univalent; chaque radical bivalent porte deux de ces charges, et ainsi de suite.

Quelles sont les vitesses relatives de ces divers ions ? Telle est la question que se posa ensuite Hittorf, et qu'il résolut par une méthode qui consiste essentiellement à électrolyser une solution et à mesurer la variation de concentration qui s'est produite autour de chaque électrode après le passage d'une quantité connue d'électricité.

Soient a cette quantité, U et V les mobilités des ions positifs et des ions négatifs (dans le même rapport que leurs vitesses). Dans une section quelconque de l'électrolyte, il passe $a\frac{U}{U+V}$ ions positifs dans la direction du courant et $a\frac{V}{U+V}$ ions négatifs dans la direction opposée, provoquant respectivement un appauvrissement de $a\frac{U}{U+V}$ et $a\frac{V}{U+V}$ équivalents d'électrolytes aux voisinages de l'anode et de la cathode. La détermination des variations de concentration en ces deux points a fourni une mesure des deux rapports $n = \frac{U}{U+V}$ et $1-n=\frac{V}{U+V}$, communément appelés *nombres de transport* du cation et de l'anion.

On doit ensuite à F. Kohlrausch la découverte d'une relation entre la conductivité électrique et le nombre de transport des solutions ionisées.

Si, en effet, le courant est transporté par les ions de la substance dissoute, la grandeur dépendra du nombre et de la vitesse des ions et des charges qu'ils portent. Soit un électrolyte dont l'ionisation donne un anion et un cation; soient C la concentration de la solution en équivalents par litre et α la fraction ionisée à cette concentration; la solution contiendra α C/1.000 équivalents d'anion et autant de cation par cm³. Comme les quantités d'électricité transportées par l'anion et le cation sont séparément proportionnelles à leurs mobilités U et V, la conductivité doit être proportionnelle à leur somme. La conductivité spécifique $\varkappa$ est donc égale à :

$$\varkappa = \frac{96.500\ \alpha.\ C(U+V)}{1000}$$

le nombre 96.500 représentant la quantité de coulombs portée par le poids équivalent de chaque ion (loi de Faraday).

Si l'on remplace la conductivité spécifique $\varkappa$ par la conductivité équivalente ou moléculaire V

$$\left(\Lambda = \varkappa \cdot \frac{1000}{C}\right),$$

et si l'on pose

$$u = 96.500\ U \text{ et } v = 96.500\ V,$$
$$\Lambda = \alpha(u+v). \qquad (1)$$

1. Nous nous sommes particulièrement aidé, dans ce but de l'ouvrage récent de Cecil W. Davies : *The conductivity of solutions*. Chapman and Hall, Londres, 1930.

Kohlrausch a vérifié sur de nombreux sels cette relation, qui fait de la conductibilité moléculaire d'une substance ionisée une propriété additive.

§ 2. — La généralisation d'Arrhénius.

C'est à S. Arrhénius que revient l'honneur d'avoir, en 1887, tiré des recherches qui précèdent une théorie générale connue sous le nom de « théorie de la dissociation ionique, ou électrolytique, des solutions ».

Jusqu'alors on supposait que, dans toute solution d'électrolyte, une partie de la substance dissoute existe à l'état ionisé; les radicaux acides et basiques chargés du corps dissous étaient considérés comme faiblement combinés dans une minime fraction de molécules « actives » et susceptibles à un certain moment de se transporter librement dans un champ électrique.

Arrhénius, comparant la conductivité de divers acides avec leur activité chimique, arriva d'abord à la conclusion que les acides minéraux sont presque complètement actifs, c'est-à-dire dissociés en leurs ions.

Peu après, van't Hoff, étudiant les propriétés physico-chimiques des solutions, montrait que plusieurs de celles-ci sont modifiées dans la même proportion par tous les corps normaux dissous dans la proportion de leurs poids moléculaires; mais tandis que la règle se vérifie bien pour les solutions non conductrices, celles de chlorure de sodium se comportent comme si elles possédaient environ le double de particules dissoutes, celles de chlorure de calcium comme si elles en possédaient le triple, etc.

Confirmé dans ses idées, Arrhénius énonça alors sa théorie, dont les trois propositions fondamentales sont les suivantes :

1° Quand un électrolyte se dissout, il se dissocie en ions, et dans beaucoup de cas la dissociation est presque complète;

2° Le degré de dissociation de l'électrolyte dépend de la concentration de la solution et augmente avec la dilution, de sorte qu'à une dilution infinie la dissociation serait complète. L'étendue de la dissociation peut être déduite de la déviation de la solution des lois de van't Hoff;

3° La fraction de sel ionisé peut être calculée au moyen des mesures de conductivité.

Si l'on applique les vues d'Arrhénius, l'équation (1) qui précède devient, à une dilution infinie où le corps dissous est complètement dissocié et où donc $\alpha = 1$:

$$\Lambda_0 = u + v. \qquad (2)$$

Si l'on divise l'équation (1) par l'équation (2), on obtient :

$$\frac{\Lambda}{\Lambda_0} = \alpha, \qquad (3)$$

rapport sur lequel Arrhénius a fondé une méthode pour la détermination du degré de dissociation d'un électrolyte.

D'autre part, si l'on se rappelle que les nombres de transport sont égaux à :

$$n = \frac{U}{U+V} \quad \text{et} \quad 1-n = \frac{V}{U+V},$$

en introduisant ces valeurs dans l'équation (2) on arrive aux relations suivantes :

$$u = n\Lambda, \quad v = (1-n)\Lambda, \qquad (4)$$

qui permettent de déterminer facilement les mobilités des ions d'après les nombres de transport et les conductivités.

Ces règles, qui s'appliquent aux électrolytes complètement dissociés, subsistent pour la comparaison des électrolytes qui sont dans le même état de dissociation; elles ont été complètement vérifiées par de très nombreuses déterminations.

Nous n'avons considéré dans ce qui précède que des électrolytes binaires univalents, du type KCl qui se dissocie en deux ions K° et Cl'. On peut établir des équations analogues, mais plus compliquées, pour les électrolytes multivalents.

II. — Les écarts de la théorie d'Arrhénius

§ 1 — La loi de dilution d'Ostwald.

Si l'on applique la loi d'action de masse à un électrolyte BA partiellement dissocié en ses ions B° et A', on obtient l'équation :

$$\frac{[B^\cdot].[A']}{[BA]} = K \qquad (5)$$

où K est une constante et les termes entre crochets représentent les masses actives des constituants. Si la concentration totale est C et le degré d'ionisation α, la concentration de la partie non dissociée de BA est $(1-\alpha)$ C, celle de B est αC et celle de A est αC également. D'après la théorie d'Arrhénius, $\alpha = \Lambda/\Lambda_0$; d'où, en introduisant dans l'équation (5) les concentrations déduites des mesures de conductivité, et en supposant que les concentrations des constituants peuvent être prises comme mesures de leurs masses actives, on a :

$$\frac{\Lambda^2.C}{\Lambda_0(\Lambda_0-\Lambda)} = K \qquad (6)$$

Cette équation est connue sous le nom de *loi de dilution d'Ostwald*. Elle a été essayée par son auteur et de nombreux chercheurs, en déterminant si K est constant pour des valeurs de la conductivité s'étendant sur un grand intervalle de concentrations. Pour les solutions aqueuses, les observations vérifient bien l'équation tant que l'électrolyte considéré n'est que faiblement ionisé (c'est le cas de la plupart des acides et des bases organiques); mais la loi ne s'applique plus du tout aux solutions des sels communs, et en général aux substances pour lesquelles le rapport Λ/Λ_0 est voisin de l'unité et qu'Arrhénius considérait en conséquence comme fortement ionisées.

Donc, tandis que le comportement des électrolytes faibles semble confirmer la théorie d'Arrhénius, celui des sels et d'autres électrolytes forts montre la nécessité de la modifier pour tenir compte des résultats des expériences [2].

Plusieurs équations empiriques ont été proposées (par Rudolphi, van't Hoff, Storch,...), qui expriment d'une façon plus ou moins satisfaisante la variation de conductibilité d'un électrolyte fort avec la concentration; mais aucune ne donne d'indication sur la façon dont la théorie d'Arrhénius doit être modifiée.

La solution devait être trouvée dans une autre voie; mais, avant d'en aborder l'exposé, rappelons tout d'abord une notion qui s'est montrée féconde dans l'étude de ce problème et qui a été introduite en Chimie physique par G. N. Lewis [3] : la notion *d'activité*.

§ 2 — L'activité des électrolytes forts.

L'activité d'une substance est une fonction thermodynamique dérivée de l'énergie libre. On peut la définir d'une façon relative par l'équation :

$$F_1 - F_2 = R.T.\ n a_1/a_2, \qquad (7)$$

où F_1 et a_1 sont respectivement l'énergie moléculaire libre et l'activité correspondante de la substance à un état donné, F_2 et a_2 les mêmes valeurs pour la substance sous un autre état, T la température absolue et R la constante de l'équation des gaz parfaits.

Lewis a montré, par des considérations qui font intervenir la loi de Raoult et qu'il serait trop long de reproduire, que l'activité, d'une substance dissoute non dissociée est égale à la concentration à une dilution infinie; aux concentrations finies, elle s'en écarte plus ou moins, et la déviation mesure, à l'échelle thermodynamique, le degré dont la solution s'éloigne des lois d'une solution idéale.

Appliquons la notion d'activité aux électrolytes forts. Soit un électrolyte binaire BA; sa solution contiendra trois substances : B°, A' et BA, ayant les activités a_B, a_A, et a_{AB} (cette dernière étant l'activité du sel non dissocié), reliées par l'équation :

$$\frac{a_B \times a_A}{a_{AB}} = K, \qquad (8)$$

où K est la constante de dissociation de l'électrolyte.

Toutefois, les mesures d'abaissement du point de congélation, ou d'autres analogues, ne permettent pas de distinguer entre les effets de ces trois sortes de corps dissous. Ce qu'on peut calculer, c'est la variation relative du produit $a_B \times a_A$, — ou plutôt de sa racine carrée a_m, l'activité ionique moyenne — en passant d'une concentration à une autre.

Lewis introduit alors une autre notion : celle du *coefficient d'activité* γ, qu'on obtient en divisant l'activité ionique moyenne par la concentration moléculaire m de l'électrolyte $\gamma = a_m/m$. Si l'on admet qu'une solution très diluée d'un électrolyte se comporte comme une solution idéale, les activités des ions seront égales à leur concentration et γ sera alors égal au degré d'ionisation.

Les considérations de Lewis permettent donc d'étudier la façon dont se comportent les solutions d'électrolytes forts par des mesures de leurs points de congélation et de propriétés analogues. C'est un travail auquel se sont livrés Lewis et Linhart [4] et qui a permis d'établir le tableau suivant [5] où le rapport γ est comparé au rapport des conductivités Λ/Λ_0 pour un certain nombre de sels à la concentration 0,01 M :

	γ	Λ/Λ_0
KCl	0,922	0,941
$NaCl$	0,922	0,936
KNO^3	0,916	0,935
K^2SO^4	0,687	0,832
$BaCl^3$	0,716	0,850
$CdLO^4$	0,404	0,53
$CuSO^4$	0,404	0,55
$La(NO^3)^3$	0,571	0,75

La divergence est notable, et même si l'on tient compte de l'incertitude des données aux dilutions extrêmes, elle persiste à des concentrations bien inférieures à 0,01 M.

2. Des recherches plus récentes de Kraus et Parker (*J. Amer. Chem. Soc.*, t. XLIV, p. 2429; 1922) et de Davies (*J. Phys. Chem.*, t. XXIX, p. 973; 1925) ont d'ailleurs montré que, pour des électrolytes faibles, K n'est pas constant, mais augmente avec la concentration, comme pour les électrolytes forts.

3. Lewis et Randall : *Thermodynamics*.

4. *J. American Chem. Soc.*, t. XLI, p. 1952; 1919.

5. Lewis et Randall : *Loc. cit.*

L'une des deux quantités, au moins, ne mesure pas le véritable degré de dissociation. Et une seule explication de ces divergences paraît possible : c'est que les charges des ions jouent ici un rôle et qu'elles affectent à la fois leur mobilité et leur activité.

Lewis et Linhart ont trouvé que les activités de tous les sels examinés en solution diluée peuvent être exprimées par l'équation :

$$\log \gamma = -\beta . m^{\alpha}, \qquad (9)$$

où α et β sont des constantes pour chaque sel; α est égal à 0,5 pour tous les sels uni-univalents; β varie de sel à sel, mais paraît en rapport était avec les valences des ions.

Aucune des hypothèses de la théorie d'Arrhénius ne permet d'expliquer une relation de cette nature; celle-ci présuppose une relation fondamentale d'un tout autre ordre.

III. — Les nouvelles théories

Le fait que la plupart des propriétés physiques des solutions d'électrolytes : volume partiel, capacité calorifique, énergie interne, viscosité, indice de réfraction, pouvoir rotatoire, sont des propriétés additives, a été considéré dès l'origine comme un argument en faveur de la théorie d'Arrhénius : l'influence du sel en solution diluée pouvant être regardée comme la somme de deux facteurs, l'un dû au cation, l'autre caractéristique de l'anion.

Mais une autre observation n'est pas moins frappante : pour les électrolytes forts, qui, d'après la théorie d'Arrhénius, sont incomplètement dissociés en solution, toutes les propriétés physiques caractéristiques de leurs solutions semblent simplement celles de leurs ions, comme si la partie non dissociée ne jouissait d'aucune propriété individuelle. Ne serait-il pas plus simple d'admettre que même les électrolytes forts sont complètement dissociés en solutions allant presque jusqu'à la concentration normale ?

Cette idée a été exprimée pour la première fois par Sutherland [6], mais elle a été surtout mise en œuvre par Milner [7] et par Bjerrum [8].

§ 1. — La théorie de la dissociation complète.

Nous avons vu plus haut que la conductivité équivalente d'un électrolyte fort diminue en passant d'une solution très diluée à une solution plus concentrée; il en est de même pour le coefficient d'activité. A quoi peut-on attribuer ces effets si l'électrolyte est déjà complètement dissocié dans la solution la plus concentrée ? Aux forces électrostatiques qui existent entre les ions.

Considérons un ion positivement chargé. Dans sa translation à travers le liquide, il rencontre soit des ions négativement chargés, et alors leur attraction mutuelle tend à les rapprocher, soit d'autres ions positifs, et alors ils se repoussent. Il en résultera une distribution inégale des ions : à tout moment, chaque ion positif est entouré de plus d'ions négatifs que d'ions positifs, et inversement.

Comparons maintenant l'électrolyte avec une solution parfaite contenant le même nombre de particules de corps dissous. En diluant cette dernière de la concentration m_1 à la concentration m_2, la variation de l'énergie moléculaire libre (voir plus haut) est $F_1 - F_2 = RT \ln m_1/m_2$.

Mais quand on dilue la solution de l'électrolyte, on obtient un travail moindre, car il faut séparer chaque ion de l'atmosphère ionique qui l'environne, et pour cela surmonter l'attraction des ions; la variation d'énergie libre,

$$F^1 - F^2 = RT \ln a_1/a_2 = RT \ln \gamma_1 m_1/\gamma_2 m_2,$$

est donc plus petite que pour un corps dissous parfait. On a donc :

$$\gamma_1 m_1/\gamma_2 m_2 < m_1/m_2 ;$$

autrement dit, le coefficient d'activité doit décroître à mesure que la solution devient plus concentrée.

Milner a cherché une estimation de cette décroissance et il a trouvé que la variation avec la concentration de la pression osmotique des solutions salines s'accorde d'une façon satisfaisante avec celle qu'on peut déduire de l'intervention des forces interioniques. La théorie de Milner constitue donc un fort argument en faveur de la dissociation complète des électrolytes forts en solution diluée.

A cause de son appareil mathématique assez complexe, elle n'a pas tout d'abord attiré l'attention qu'elle méritait; mais en ces dernières années, la plus grande partie des savants a définitivement adopté la théorie de l'attraction interionique, surtout à la suite des développements importants que lui ont apportés Debye et Huckel, puis Onsager.

§ 2. — La théorie de Debye et Huckel.

Nous ne pouvons mieux faire que d'emprunter à un récent mémoire de Debye [9] l'exposé qu'il a fait lui-même de cette théorie.

6. *Phil. Mag.*, [VI], t. III, p. 161; 1902; — t. VII, p. 1 (1906).
7. *Phil. Mag.*, t. XXIII, p. 551; 1912; — t. XXV, p. 743; 1913.
8. *Z. f. Elektroch.*, t. XXIV, p. 321; 1918; — *Z. f. anorg. Chem.*, t. CIX, p. 275; 1920.
9. *Trans. Faraday Soc.*, t. XXIII, p. 334; 1927. — Comp. Debye et Huckel : *Physikal. Zeitschr.*, t. XXIV, p. 185; 1923.

Il part du fait bien établi par Lewis et Linhart (voir plus haut) que la variation du coefficient d'activité des ions avec la concentration dans les solutions fortement dissociées est représentée par une loi de racine carrée. « La théorie de l'attraction interionique donne une explication de cette loi basée sur le fait que l'épaisseur de l'atmosphère ionique de charge moyenne entourant chaque ion doit être proportionnelle à la racine carrée de la concentration si les forces principales qui agissent entre les ions sont les forces ordinaires de Coulomb... »

Que faut-il entendre exactement par atmosphère ionique et distribution spatiale de sa densité de charge ? « Supposons une ligne droite de longueur r reliée à l'ion de telle façon que, pendant le mouvement de la particule, la direction de cette ligne dans l'espace et sa longueur ne varient pas. Imaginons un élément de volume à l'extrémité de cette ligne. Considérant maintenant pendant un certain temps l'ion et cet élément, nous trouvons parfois un excès de charges électriques positives, parfois un excès de négatives à l'intérieur de cet élément. En prenant l'intégrale de cette charge par rapport au temps, et la divisant par la durée de l'observation, on obtient la charge moyenne de l'élément de volume. La densité de l'atmosphère ionique s'obtient en divisant cette charge moyenne par le volume de l'élément. Il est évident que, si l'on ne tient compte que des forces de Coulomb, la densité de l'atmosphère ionique sera de signe opposé à la charge de l'ion central et augmentera en se rapprochant du centre.

« Entre le potentiel électrostatique à la surface de l'ion dans une solution infiniment diluée (en considérant l'ion comme une sphère chargée à sa surface) et ce même potentiel pour une concentration finie, il existera une différence due à la présence de l'atmosphère ionique de charge opposée. La charge totale de cette atmosphère doit nécessairement être égale et de signe opposé à la charge de l'ion central. Ainsi la différence entre les deux potentiels — c'est-à-dire le potentiel dû à l'atmosphère — dépendra principalement de la distance sur laquelle la charge totale est répartie. Dans certaines conditions limites, il est possible de démontrer que le facteur caractéristique dans l'expression qui représente la diminution de la densité avec la distance est l'exponentielle :

$$e^{-\chi r},$$

où χ a la dimension de l'inverse d'une longueur et est donné par la formule :

$$\chi^2 = \frac{4\pi}{DkT} \Sigma n_i e_i^2,$$

D étant la constante diélectrique du solvant, k la constante de Boltzmann (1,37. 10^{-16}), T la température absolue, n_i le nombre d'ions d'espèce i dans 1 cm³ et e_i la charge de chaque ion d'espèce i.

« Pour un électrolyte uni-univalent de concentration γ en molécules par litre et dissous dans l'eau, on trouve :

$$\chi = 3.27.10^7 \sqrt{\gamma} \quad \text{et} \quad \frac{1}{\chi} = \frac{3,06.10^{-8}}{\sqrt{\gamma}} \text{ cm.}$$

La longueur $1/\chi$ est appelée « rayon de l'atmosphère ionique ».

« Comme le potentiel dû à une charge E à une distance r dans un milieu de constante diélectrique D est égal à E/Dr, on doit supposer que le potentiel de l'ion central dû à l'atmosphère chargée d'épaisseur $1/\chi$ est proportionnel à

$$-\frac{E\chi}{D}.$$

« On peut montrer que ce potentiel est non seulement *proportionnel* à l'expression ci-dessus, mais qu'il lui est exactement *égal*, E désignant la charge de l'ion central. L'activité d'un ion est reliée d'une façon très étroite à son potentiel, et comme χ est proportionnel à la racine carrée de la concentration, l'expression ci-dessus fournit une explication de la loi de la racine carrée pour l'activité. »

Sur les principes qui précèdent, Debye et Huckel ont établi, pour le coefficient d'activité du'un ion, l'équation suivante :

$$\ln f = -\frac{e^2}{2DkT} \frac{\Sigma \nu_i z_i^2}{\Sigma \nu_i} \sqrt{\frac{4\pi e^2}{DkT} \Sigma n_i z_i^2}, \qquad (10)$$

où f est le coefficient d'activité de l'ion, D la constante diélectrique du solvant, k la constante de Boltzmann, T la température absolue, e la charge d'un ion univalent, ν_i le nombre d'ions d'espèce i formés par la dissociation d'une molécule, n_i le nombre de ces ions dans 1 cm³ et z leur valence.

Cette équation ne s'applique qu'aux solutions très diluées, mais elle est valable pour n'importe quel solvant.

Si on l'applique au coefficient d'activité d'un électrolyte fort dans l'eau à 0°, elle devient :

$$\log f = -0.346\, z_1 z_2 \sqrt{\Sigma cz} \qquad (11)$$

où c est la concentration équivalente et z la valence de chaque ion présent.

De cette dernière équation, on peut tirer trois conclusions très importantes : Aux grandes dilutions, 1° le coefficient d'activité est indépendant des propriétés individuelles des ions à l'exception de leurs valences; 2° log f est proportionnel à la racine carrée de la concentration; 3°

les coefficients d'activité dépendent des valences des ions présents de la manière indiquée par l'équation.

Comment les données expérimentales vérifient-elles les conclusions précédentes ? On peut dire que, dans l'ensemble, la concordance est frappante. Sur la 1re règle seulement persiste une légère incertitude : les coefficients trouvés se rapprochent tous de très près du facteur numérique 0,346, sans qu'il soit encore possible d'affirmer que sa valeur est bien exacte et qu'il est tout à fait indépendant de la nature des ions considérés.

La 2e règle concorde avec la règle empirique découverte par Lewis et Linhart et dont nous avons parlé plus haut : équation (9).

La 3e règle concorde également avec une relation empirique découverte par Lewis et Randall [10] dans l'étude des mélanges d'électrolytes en solution diluée : si l'on désigne sous le nom de *force ionique* la moitié de la somme des concentrations équivalentes de chaque ion présent multipliées par leur valence, on constate que le coefficient d'activité d'un électrolyte donné est le même dans toutes les solutions de même force ionique. Cette règle a été surtout confirmée par les recherches de Brönsted et La Mer [11] sur l'activité d'une substance en présence de sels de divers types de valence, et c'est peut-être l'argument le plus fort qu'on puisse faire valoir en faveur de la théorie de l'attraction interionique.

Il semble donc bien que les variations d'activité en solution très diluée ne dépendent que des effets des forces interioniques, et que, par conséquent, les électrolytes forts sont complètement dissociés.

§ 3. — Les théories de la conductivité de Debye, Huckel et d'Onsager.

Qu'arrive-t-il si l'on applique à la conductibilité des électrolytes forts les méthodes qui ont servi à l'étude de leur activité ? Le problème devient plus difficile à traiter, car on se trouve en face d'ions non à l'état d'équilibre, mais soumis à un déplacement par suite de l'application d'une f.é.m. Debye et Huckel ont néanmoins tenté de le résoudre [12].

D'après eux, la mobilité d'un ion peut être affectée de deux façons par l'atmosphère ionique qui l'entoure.

D'abord, l'ion traversant le liquide voit continuellement se former devant lui et s'évanouir derrière lui cette atmosphère ionique. Si le processus n'est pas instantané, l'ion se détache sans cesse de cette atmosphère de signe opposé : il est donc soumis à une force retardatrice. Debye et Huckel nomment « période de relaxation » le temps nécessité par la création et la dispersion de l'atmosphère ionique et ils en ont déduit la force retardatrice correspondante sur l'ion.

Ensuite, puisque les ions positivement et négativement chargés se meuvent en directions opposées à travers le solvant, et communiquent ainsi une part de leur moment aux molécules du solvant, la force de frottement qui s'oppose au mouvement de chaque ion (par suite de son atmosphère ionique) sera plus grande que s'il se déplaçait à travers le solvant pur : c'est l'effet d'électrophorèse.

En tenant compte de ces deux effets, Debye et Huckel sont arrivés, pour la conductivité d'une solution diluée, à l'équation suivante :

$$\Lambda_o - \Lambda_c = \Lambda_o \left[A\left(\frac{l'}{l'} + \frac{l''}{l'}\right) + Bb \right] \sqrt{c}, \qquad (12)$$

où Λ_c est la conductivité équivalente, Λ_o la conductivité pour une dilution infinie, l', l'' les mobilités du cation et de l'anion à une dilution infinie, A et B des constantes évaluables pour chaque solvant spécifique et b le rayon ionique moyen. Le premier terme représente la période de l'effet de relaxation, le second l'effet électrophorétique.

Pour déterminer la grandeur de ce dernier effet, les auteurs avaient supposé valable la loi de Stokes ; mais il ne paraît pas que cette relation puisse être appliquée à des particules ayant la dimension des ions. Aussi Onsager [13] a-t-il apporté d'importantes modifications à la théorie de Debye et Huckel.

Il a montré d'abord qu'on peut calculer l'effet électrophorétique sans faire intervenir la loi de Stokes ; son équation pour les faibles concentrations est indépendante du rayon ionique, et le terme b de l'équation (12) disparaît. Onsager a également recalculé l'effet de relaxation : il montre que la diffusion de deux ions en relation l'un avec l'autre produit une relaxation combinée des deux atmosphères, et que les deux effets doivent être considérés ensemble et non séparément ; d'autre part, le mouvement brownien de l'ion doit entrer en ligne de compte pour établir la valeur correcte de la force retardatrice due à l'attraction interionique.

Onsager est ainsi conduit à l'équation suivante pour la mobilité d'un ion :

$$\Lambda_j = \Lambda_{oj} - \left(\frac{0{,}986.10^6}{(DT)^{3/2}} \cdot w \cdot \Lambda_{oj} + \frac{29{,}0\, z_j}{(DT)^{1/2} \eta} \right) \sqrt{(z_1 + z_2) c}, \qquad (13)$$

10. *Journ. Amer. Chem. Soc.*, t. XLIII, p. 1112 ; 1921.
11. *Journ. Amer. Chem. Soc.*, t. XLVI, p. 555 et 572 ; 1924.
12. *Physikal. Zeitschr.*, t. XXIV, p. 305 ; 1923.
13. *Physikal. Zeitsch.*, t. XXVII, p. 388 ; 1926 — t. XXVIII, p. 277 ; 1927 — *Trans. Faraday Soc.*, t. XXIII, p. 341 ; 1927.

où

$$w = z_1 \cdot z_2 \cdot \frac{2q}{1+\sqrt{q}}$$

et

$$q = \frac{z_1 \cdot z_2 (\Lambda^\circ_1 + \Lambda^\circ_2)}{(z_1 + z_2)(z_2 \Lambda^\circ_1 + z_1 \Lambda^\circ_2)}.$$

Dans cette équation, c est la concentration équivalente, λ_j la mobilité de l'ion considéré, λ°_j sa mobilité à concentration nulle, z_j sa valence, D la constante diélectrique, η la viscosité, T la température absolue, z_1 et z_2 les valences du cation et de l'anion, et λ°_1 et λ°_2 leurs mobilités à concentration nulle.

Cette formule ne s'applique qu'aux plus grandes dilutions ; quand $\Lambda_0 - \Lambda$ s'élève au dixième de la valeur de Λ_0, les termes du second ordre qui ont été négligés dans les calculs atteignent un ordre de grandeur de 1 %.

De l'équation (13), on tire la suivante pour la valeur limite de la conductibilité d'un électrolyte.

$$\Lambda = \Lambda_0 - \left(\frac{0{,}986.10^6}{(DT)^{3/2}} \cdot w \cdot \Lambda_0 + \frac{29.0}{(DT)^{1/2}\eta} (z_1 + z_2) \right) \cdot \sqrt{(z_1 + z_2)c} \qquad (14)$$

Celle-ci se simplifie pour un électrolyte binaire, c'est-à-dire dissocié en deux ions, car alors $z_1 = z_2$ et $q = 1/2$ et w devient $0{,}5858\, z^2$. On obtient donc :

$$\Lambda = \Lambda_0 - \left(\frac{5{,}78.10^5}{(DT)^{3/2}} \cdot z^2 \cdot \Lambda_0 + \frac{58{,}0\, z}{(DT)^{1/2}\eta} \right) \sqrt{2zc} \qquad (15)$$

Cette équation ne contenant aucun terme qui ne puisse être déterminé, on est ainsi en mesure de comparer la théorie aux résultats de l'expérience pour la conductibilité de tout électrolyte fort à toute température dans tout solvant.

IV. — Vérifications expérimentales des nouvelles théories

L'équation de Onsager ne s'applique qu'aux substances complètement dissociées. Pour celles-ci, à une dilution suffisante, si l'on porte en ordonnées les conductibilités et en abscisses les valeurs de $\sqrt{c}$, on obtiendra des lignes droites dont l'inclinaison sera conforme à celle que prévoit la théorie. Pour un électrolyte qui n'est pas complètement dissocié, l'inclinaison sera plus accusée que celle-ci, et elle s'approchera de cette dernière, jusqu'à l'atteindre, à mesure que, la dilution augmentant, la dissociation deviendra plus complète. D'autre part, l'écart entre la conductivité mesurée et la conductivité calculée augmentera avec la concentration, en conformité avec la loi d'action de masse, et permettra de calculer la constante de dissociation de l'électrolyte.

Voyons comment ces déductions se vérifient.

§ 1. — Conductivité des sels uni-univalents et multivalents.

Pour des électrolytes uni-univalents dans l'eau à 18° C., l'équation d'Onsager devient :

$$\Lambda = \Lambda_0 - (0{,}224\Lambda_0 + 50{,}5)\sqrt{c}, \qquad (16)$$

Le tableau suivant donne les valeurs indiquées par C. W. Davies[14] et déduites de mesures de Kohlrausch :

	Inclinaison expérimentale	Inclinaison théorique
LiCl	81,12	72,7
LiIO^3	68,34	65,6
LiNO^3	79,57	72,0
NaCl	77,34	75,0
NaIO^3	72,68	67,9
NaNO^3	82,39	74,3
KCl	84,76	79,8
KBr	87,92	80,2
KI	72,88	79,9
KIO^3	76,61	72,7
KClO^3	82,24	77,4
KNO^3	92,87	78,9
KCNS	76,50	77,8

La concordance peut être considérée comme satisfaisante, les différences étant probablement dues aux erreurs d'expérience. Dans presque tous les cas, l'inclinaison trouvée est supérieure à l'inclinaison calculée, et si l'on tient compte de la « correction de solvant » on arrive à un accord encore plus frappant.

On peut aussi se servir de l'équation d'Onsager pour calculer Λ_0 en la mettant sous la forme :

$$\Lambda_0 = \frac{\Lambda + 0{,}55\sqrt{c}}{(1 - 0{,}224\sqrt{c})}. \qquad (17)$$

et vérifier la constance de Λ_0. En appliquant cette équation aux résultats des mesures de Kohlrausch et de Weiland sur KCl, Davies a obtenu le tableau suivant :

	$c \times 10^3$	Λ	Λ_0
Kohlrausch	0,10371	129,01	129,80
	0,2053	128,74	129,88
	0,51134	128,06	129,86
	1,0179	127,30	129,84
	2,0156	126,28	129,85
Weiland	0,05865	129,61	129,93
	0,06199	129,17	129,80
	0,07456	129,15	129,84
	0,08134	129,14	129,86
	0,1026	129,01	129,82

La moyenne de Λ_0 pour les deux séries est de 129.84.

Pour un sel uni-bivalent dans l'eau à 18°, l'équation d'Onsager devient :

$$\Lambda = \Lambda_0 - \sqrt{c}\left(92{,}78 + 1{,}878\,\frac{q}{1+\sqrt{q}}\Lambda_0\right) \qquad (18)$$

14. *Loc. cit.*, p. 66.

où $q = 2\Lambda_0/[3(\Lambda_0 + l_1)]$, l_1 étant la mobilité de l'ion univalent et Λ_0 la conductivité équivalente du sel pour une dilution infinie.

Voici un tableau des inclinaisons expérimentale et théorique établi par Davies[15] d'après des mesures de Kohlrausch sur quelques sels uni-bivalents :

	Inclinaison expérimentale	Inclinaison théorique
	—	—
$Ba(NO^3)^2$	160,7	150,5
$Sr(NO^3)^2$	169,3	148,1
$CaCl^2$	152,4	149,1
$Ca(NO^3)^2$	168,8	148,3
$MgCl^2$	144,1	145,6
K^2SO^4	140,3	159,5

Les déviations sont un peu plus grandes que pour les sels uni-univalents, mais probablement encore de l'ordre des erreurs expérimentales.

Pour les électrolytes bi-bivalents dans l'eau à 18°, l'équation d'Onsager devient :

$$\Lambda = \Lambda_0 - \sqrt{c}\,(142{,}8 + 1{,}272\Lambda_0). \qquad (19)$$

Mais en comparant les résultats du calcul avec ceux de l'expérience, les déviations dépassent de beaucoup les limites des erreurs expérimentales. Ainsi le sulfate de Mg donne une inclinaison expérimentale de 458,4, tandis que la valeur théorique est de 288,8, et d'autres sels présentent des différences analogues.

Des résultats qui précèdent, on peut déduire que dans l'eau à la température ordinaire les sels univalents sont tous pratiquement dissociés en solution diluée; les sels bi-bivalents le sont beaucoup moins (on n'en connaît aucun qui le soit complètement); les sels uni-bivalents occupent probablement une position intermédiaire. Ces constatations semblent illustrer une règle générale : les sels composés d'ions multivalents sont, dans les mêmes conditions, beaucoup moins dissociés que les sels univalents.

§ 2. — Degré de dissociation des électrolytes faibles.

Soit un électrolyte uni-univalent AB partiellement dissocié en ions A' et B°. Si α est le degré de dissociation à la concentration c, les concentrations des divers constituants seront αc, αc et $(1-\alpha)c$. Pour trouver α, il faudra remplacer Λ_0 par Λ_x dans l'équation originelle d'Arrhénius $\alpha = \Lambda/\Lambda_0$, où Λ_x est la somme des mobilités du cation et de l'anion dans la solution considérée. L'équation d'Onsager (pour une solution aqueuse à 25° C.) donnera alors :

$$\Lambda_x = \Lambda_0 - \sqrt{\alpha c}\,(0{,}2271\Lambda_0 + 59{,}78)$$

ou

$$\Lambda_x = \Lambda_0 - \sqrt{\frac{\Lambda}{\Lambda_x}\,c}\,(0{,}2271\Lambda_0 + 59{,}78) \qquad (20)$$

Pour trouver le degré de dissociation, il faut donc déterminer d'abord Λ_0 puis résoudre l'équation (20) pour Λ_x (on y arrive le plus rapidement par une méthode d'approximations successives, en donnant à Λ_x dans le second membre d'abord la valeur de Λ_0, puis les valeurs successivement trouvées pour V_x jusqu'à ce que celles-ci deviennent constantes.

Que devient dans ces conditions la loi de dilution d'Ostwald? Nous avons déjà vu que la constante K de l'équation (5) peut être déterminée au moyen des activités des ions et des molécules non ionisées de la solution : (équation 8) :

$$\frac{a_B \times a_A}{a_{AB}} = K.$$

On peut écrire, comme l'a montré Lewis dans ses considérations sur l'activité :

$$a^B = f^B \times xc = f_B \times c_i$$
$$a_A = f_A \times \alpha c = f_A \times c_i$$
$$a_{AB} = f_{AB} \times (1-\alpha)c = f_{AB} \times c_u$$

c_i étant la concentration des ions et c_u celle de la molécule non dissociée.

L'équation (8) devient alors :

$$\frac{c_i^2}{c_u}\cdot\frac{f_B f_A}{f_{AB}} = K. \qquad (21)$$

L'équation (20) permet de calculer c_i en partant des données sur la conductivité, et $c_u = c - c_i$. Mais pour obtenir les coefficients individuels d'activité f, d'autres hypothèses, d'ailleurs basées sur des faits, sont nécessaires; on peut opérer de deux façons, suivant les données que l'on possède.

1° Quand on a à sa disposition à la fois des données sur la conductivité et l'activité, on peut calculer le produit $a_B \times a_A$ d'après les secondes et c_u d'après les premières. En supposant que, aux grandes dilutions, $f^{AB} = 1$ (il n'y a guère de raison, en effet, pour que le coefficient d'activité d'une molécule neutre varie alors beaucoup), on a

$$a_B = c_u \text{ et } K = a_B \times a_A/c_u.$$

Cette méthode a été appliquée par Davies[16] aux électrolytes bi-bivalents, en solution dans l'eau, et voici les valeurs qu'il donne pour le sulfate de magnésium ($\Lambda_0 = 113{,}5$) :

m	0,0001	0,0005	0,001
γ	0,85	0,75	0,69
Λ	108,03	99,87	94,16
Λ_x	109,27	104,43	100,90
α	0,9885	0,9560	0,9332
a_u	0,000 001.15	0,000 022	0,000 066.8
K	0,0063	0,0064	0,0071

15. *Loc. cit.*, p. 69.

16. *Loc. cit.*, p. 93.

où m est la concentration moléculaire de la solution, γ le coefficient d'activité déterminé expérimentalement par la méthode du point de congélation, Λ la conductivité équivalente, Λ^x la valeur calculée d'après l'équation d'Onsager, α le rapport des deux nombres précédents, a_u l'activité des molécules non dissociées, considérée comme égale à $(1 - \alpha)\ m$, et enfin K la constante de dissociation calculée d'après l'équation $K = \gamma^2 m^2 / a_u$.

La constance de K est satisfaisante; la valeur plus élevée à la concentration 0,001 tient sans doute au fait que l'équation d'Onsager ne s'applique plus exactement à cette concentration. Si l'on admet (voir plus haut) que la valeur de Λ_x est de 1 % trop faible et qu'on recommence le calcul avec la valeur 101,90, on trouve $\alpha = 0{,}924$ et $K = 0{,}0063$.

Une fois la valeur de K établie par des mesures de conductivité aux faibles concentrations, on peut en déduire le degré de dissociation aux concentrations plus élevées par des mesures d'activité seulement. C'est ainsi que Davies établit que le sulfate de magnésium à la concentration 0,1 M est à peu près à moitié dissocié.

2° Si l'on ne dispose que de mesures de conductivité, on peut opérer comme suit :

Posons $f_{AB} = 1$ dans l'équation (21); celle-ci devient :

$$\frac{c_i^2}{c_u} \cdot f_A f_B = K. \qquad (22)$$

Puis faisons intervenir l'équation de la théorie de l'attraction interionique qui relie le coefficient d'activité d'un électrolyte à la concentration ionique : $\log f = -A\sqrt{c_i}$, où A est une constante numérique. En prenant les logarithmes de l'équation (22) et substituant à $\log (f_A f_B)$ la valeur $-2A\sqrt{c_i}$, on a :

$$\log \left(\frac{c_i^2}{c_u}\right) = \log K + 2A\sqrt{c_i} \qquad (23)$$

Si l'on utilise alors l'équation (20) pour calculer c_i et c_u, et si l'on porte en ordonnées $\log (c^2_i/c_u)$ et en abscisses $\sqrt{c_i}$, on doit obtenir une ligne droite dont l'intersection avec l'axe des ordonnées pour $c = 0$ déterminera la valeur de $\log K$ et dont l'inclinaison donnera la valeur de A.

Davies [17] a appliqué cette méthode à un électrolyte uni-univalent faible, l'acide formique, en solution dans l'eau, et il a obtenu les chiffres suivants d'après les déterminations de Auerbach et Zeglin [18] :

c	Λ	α	$c_i^2/c_u \times 10^4$	$K \times 10^4$
0,03208	27,36	0,0764	2,029	1,860
0,01595	37,93	0,1056	1,989	1,850
0,008809	50,07	0,1391	1,980	1,862
0,004161	70,21	0,1947	1,958	1,862
0,001923	97,92	0,2709	1,936	1,859
0,001052	124,9	0,3450	1,912	1,848

où c et Λ sont les valeurs déterminées expérimentalement, α et c_i^2/c_u sont calculés d'après l'équation (20). La représentation graphique des logarithmes de c_i^2/c_u et de $\sqrt{c_i}$ fournit une ligne droite, comme prévu, dont l'inclinaison donne pour A la valeur 0,383. En portant celle-ci dans l'équation (23), on trouve pour K la valeur qui figure dans la dernière colonne du tableau.

La constance de cette dernière est tout à fait bonne. En appliquant la loi de dilution d'Ostwald sous sa forme originale, on aurait obtenu pour $K \times 10^4$ des valeurs allant de 1,879 à 1,955.

§ 3. — Conductivités en solutions modérément concentrées.

Grâce à la théorie de l'attraction interionique, on peut maintenant expliquer d'une façon complète les variations de conductivité en solutions très diluées; celles-ci sont gouvernées par deux facteurs : la variation de mobilité, prévue par l'équation d'Onsager, et le degré de dissociation, qui varie suivant la loi d'action de masse.

A des concentrations plus élevées, il n'en est plus ainsi. Des facteurs additionnels, inopérants aux fortes dilutions, deviennent ici importants, parmi lesquels il faut citer la viscosité de la solution, qui influe à la fois sur la vitesse ionique et sur l'attraction interionique, et peut être la formation d'ions complexes.

Plusieurs savants ont cherché à exprimer par des équations les variations de conductivité sur un assez grand intervalle de concentrations. Celle qui se rapproche peut-être le plus de la réalité est celle qu'a donnée récemment Lattey [19] :

$$\Lambda_o - \Lambda = \frac{A}{(B + \sqrt{v})} \qquad (24)$$

où A et B sont des constantes particulières à chaque solution et v la dilution (inverse de la concentration). Elle s'accorde avec la règle de la racine carrée de Kohlrausch aux faibles concentrations, où B est négligeable par rapport à $\sqrt{v}$, et elle exprime bien les variations de conductivité des sels dans l'eau sur un grand intervalle de concentrations, jusqu'à 0,1 N.

L'équation (24), en remplaçant v par $1/c$, peut être mise sous la forme :

$$\Lambda = \Lambda_o - A\sqrt{c} + B(\Lambda_o - \Lambda)\sqrt{c} \qquad (25)$$

17. *Loc. cit.*, p. 90.
18. *Z. physikal. Chem.*, t. CIII, p. 191; 1922.
19. *Phil. Mag.*, t. IV, p. 831; 1927.

qui fait apparaître une analogie avec l'équation de Debye et Onsager; elle est ici complétée par un second terme qui dépend de la diminution de conductivité $(\Lambda_0 - \Lambda)$. Toutefois, A n'y a pas la même valeur; d'autre part, il n'y a aucune correction pour la viscosité. La véritable extension de l'équation d'Onsager doit donc être cherchée dans une autre voie.

Au-dessus de 0,002 N, les conductivités des chlorures alcalins dans l'eau sont toujours plus grandes que les valeurs calculées par la formule d'Onsager, et l'on peut écrire :

$$\Lambda = \Lambda_0 - (0{,}2238\Lambda_0 + 50{,}49)\sqrt{c} + D. \quad (26)$$

D étant l'écart entre la valeur trouvée et la valeur calculée. Si l'on porte en coordonnées D et Λ_0 pour différents chlorures alcalins, on n'obtient des droites aux plus fortes concentrations qu'en appliquant une correction de viscosité aux valeurs de D. L'ensemble des résultats peut alors être représenté par l'équation [20] :

$$\Lambda \cdot \sqrt{\eta} = \Lambda_0 - (0{,}2238\Lambda_0 + 51{,}49) \cdot f(c), \quad (27)$$

où $f(c)$ a une valeur variable avec la concentration.

Cette formule constitue à l'heure actuelle une extension empirique de l'équation d'Onsager qui permet de déterminer avec une grande exactitude l'effet des forces interioniques aux concentrations élevées. Lorsque les valeurs trouvées et calculées de la conductivité diffèrent, on est en présence d'une dissociation incomplète; leur raport donnera alors le degré de dissociation, d'où l'on pourra calculer la constante de dissociation par une méthode analogue à celle qui a été exposée plus haut (ch. IV, § 2).

Louis Brunet.

20. DAVIES : *Trans. Faraday Soc.*, t. XXIII, p. 354; 1927.

L'ORIGINE ET LES PROGRÈS DU CIMENT ARMÉ

Notre époque pourrait être désignée sous le nom d'âge du béton armé : la liaison entre les armatures métalliques et les agrégats inertes et informes à l'aide d'un liant hydraulique a permis des constructions qu'on aurait jamais imaginé naguère (et l'aurait-on fait, qu'on aurait dû y renoncer) : dômes, coupoles, voûtes osées, éclairées de verreries, arcades pittoresques, énormes portées sans appuis intermédiaires, aussi précieuses pour les ponts que pour les salles de réunion et de spectacles, balcons et galeries, audacieux encorbellements, peu à peu, contribuent à un Art, dont les réalisations sont parfois discutables mais qui est bien nouveau avec ses motifs de décorations particuliers. La mosaïque et la splendeur des revêtements, souvent artificiels eux-mêmes, fait opposition à la sécheresse des lignes et à l'importance des masses.

Cet art repose sur des équations où se concilient l'élasticité et la résistance des divers constituants. Au métal tenace, à s'opposer aux tensions; aux pierrailles, les compressions; au ciment hydraulique, l'adhérence et la soudure. Cette nouvelle maçonnerie résiste grâce au principe de la division du travail. Tout progrès dans les aciers, dans les liants, dans l'art de choisir les agrégats et de disposer l'ensemble permet une construction plus hardie. Un arc de plus de 100 m. de portée ne nous étonne plus, nous en verrons bientôt de 300 m.

Si les calculs et les savantes recherches expérimentales — comme cette photoélasticité, due à M. le Professeur Mesnager, basée sur la double réfraction accidentelle du verre soumis à des charges extérieures — guident maintenant les ingénieurs et les architectes, il faut bien reconnaître que les premières tentatives n'étaient basées que sur des constatations très simples.

***

On croit généralement que le béton armé est une découverte de notre génération. L'emploi de chaînages dans les maçonneries ou de queues d'aronde en bronze pour relier les pierres d'appareil est assez ancien, on en trouve des exemples au Louvre, mais cela n'est pas du béton armé : les deux matériaux tout en se prêtant un mutuel secours restent distincts. La liaison complète des fers et d'un hourdis a été réalisée, avant la Révolution, en 1782, par un architecte parisien, Ango. Cet ingénieux homme de l'Art se proposait de prévenir les incendies en excluant le bois des constructions. Il ajoutait que cela est d'ailleurs logique en France où le fer abonde, tandis que les bois de charpente commencent à devenir d'une cherté exorbitante (nous constatons que le déboisement n'est pas chose nouvelle aussi).

L'invention d'Ango — plancher incombustible dans lequel il n'entre aucune espèce de bois mais seulement des armatures de fer — est décrite

dans un livre imprimé par Chardon, rue de la Harpe, en 1784 [1], à peu près introuvable croyons-nous et dont nous allons reproduire quelques lignes pour bien montrer que l'invention en question contenait les principes essentiels du béton armé.

« Chaque armature est composée de deux barres de fer plates, posées l'une au-dessus de l'autre. L'inférieure présente une ligne droite, et la supérieure, qui est courbée, est arrêtée par ses extrémités sur celles de la barre inférieure, et soutenue de place en place par des brides; de manière que ces deux barres assemblées ne peuvent ni s'allonger, ni ployer dans toute leur longueur. Ces deux armatures sont réunies par des bandes de petit fer plat, placées de distance en distance, qui servent en outre à soutenir et lier l'ourdi (*sic*) de plâtras et plâtre qui doit être fait entre les deux barres en question. »

Remarquons immédiatement qu'on trouve dans ce plancher hétérogène mais dont les éléments sont complètement liés : les armatures longitudinales et les étriers qui vont résister aux diverses contraintes.

Le souci économique n'échappe pas à l'inventeur qui, très consciencieusement, installe chez lui une forge pour y faire façonner les fers sous ses yeux. Il résulte du compte de l'achat des fers et de la main-d'œuvre, et du prix de revient d'un plancher ordinaire en charpente, que la dépense est absolument la même.

La garantie contre l'incendie n'est pas le seul avantage des nouveaux planchers qui, plus légers d'un tiers, dispensent d'établir des chaînes de pierres dans les murs. Le plancher incombustible facilitera la distribution des appartements, les cheminées pourront être placées où l'on voudra. Le plancher sera moins épais; enfin, dit l'auteur, « lors des démolitions, le fer dont il est composé, reste toujours en valeur, tandis que dans notre manière actuelle de bâtir, les vieux bois fatigués, échauffés et pourris pour la plupart, ne laissent aucune ressource ».

Sans épiloguer sur la singulière fortune de cette invention qui a dû attendre un siècle environ son application, on peut être surpris d'y retrouver, au liant près, les éléments de nos constructions les plus modernes. La géniale intuition d'Ango fut oubliée parce que l'industrie métallurgique ne pouvait lui donner le secours des ronds et des profilés qu'elle ne devait produire en grande série que plus tard; elle ne se généralisa pas parce que la plâtre n'est pas un liant capable de résister aux intempéries.

En 1813, les travaux de l'illustre Vicat aboutirent à l'invention des liants hydrauliques [1], dont la fabrication industrielle ne commença guère à prendre de l'importance que vers 1850. Plus tard, divers savants, dont M. H. Le Chatelier, indiquèrent le moyen de perfectionner les produits obtenus.

Vers 1908, J. Bied en France, le Dr Spackman en Amérique, inventèrent simultanément le ciment *fondu* ou ciment alumineux, autrement dit ciment à la bauxite, du nom de la matière première, ce qui permet d'obtenir des mortiers plastiques ayant une résistance à la traction ou à l'arrachement de 35 kg.cm² après un jour seulement de durcissement, 40 kg.cm² après 28 jours.

Pendant ce temps les ciments Portland artificiels s'améliorent et l'on arrive au superciment : 25 kg. à 1 jour, 45 kg. à 28 jours. Ces ciments, dits à *haute résistance initiale*, sont une invention française; la Société des Ciments français notamment fabriquait à Desyres, en 1915, des liants hydrauliques qui ont permis, à cette époque de guerre, d'établir des plates-formes utilisables par l'Artillerie après 8 à 10 jours de durcissement.

Si l'on considère les résistances à la compression des mortiers plastiques normaux de superciments, on trouve actuellement :

200, 300, 400, 500 et 600 kg/cm² (ou hectopièzes) à 1, 2, 3, 7 et 28 jours.

Dans un autre ordre d'idées, l'utilisation des laitiers de haut fourneau, d'aciérie ou de fonderie donne : le ciment de laitier, le ciment Portland de fer, pour aboutir d'ailleurs au véritable ciment Porland artificiel.

Le ciment fondu s'obtient au four électrique ou au water-jacket; le ciment Portland artificiel et le super-artificiel, à l'aide de fours perfectionnés, notamment de fours rotatifs dont la longueur peut dépasser 100 mètres.

Pour obtenir un bon ciment, il ne suffit pas, d'ailleurs, de faire un bon mélange des constituants chimiques convenables et de broyer très finement le *clinker* après cuisson; il faut que celle-ci soit conduite avec science; il faut écarter les altérations que pourraient causer les cendres des combustibles utilisés et n'employer que des charbons spécialement traités, c'est-à-dire des charbons que l'on peut appeler artificiels. C'est ainsi que l'on arrive à des produits d'une grande homogénéité

1. Bibliothèque Physico-Economique recueillie en 1782, rue et hôtel Serpente, Paris.

1. *Les matériaux des constructions civiles et des travaux publics*, tome II : (Les liants, chaux, ciments, etc...), par Ed. MARCOTTE; Gauthier-Villars, éditeurs, Paris.

et d'une stabilité parfaite. Tous les éléments cristallins formés sont actifs, on a éliminé les composés parasitaires non saturés ou sursaturés de chaux, qui produisaient autrefois des gonflements irrésistibles, désastreux pour les maçonneries.

Simultanément, l'industrie métallurgique est arrivée à fournir, en quantité considérable, des barres rondes d'acier doux et d'autres fers, notamment des fers crénelés et torsadés qui constituent d'excellentes armatures dont l'adhérence au béton est parfaitement connue.

Des recherches longuement poursuivies ont permis de déterminer les meilleures règles pour la confection des bétons, notamment en ce qui concerne la granulométrie des agrégats et le pourcentage d'eau. Les bétonnières ont été l'objet de perfectionnements sensibles. De nouveaux procédés de pilonnage ou de vibration permettant la fabrication de bétons très compacts pratiquement imperméables. Les changements de volume du béton sous les alternances de sécheresse et d'humidité ont été élucidés, de sorte qu'il est possible d'éliminer tout retrait excessif et par conséquent dangereux par les fissurations qu'il entraînerait.

Quant aux méthodes de calcul des ouvrages en ciment armé, elles reposent maintenant, non seulement sur les théories de la Résistance des matériaux et de l'Elasticité, mais sur des expériences directes soigneusement contrôlées. Des appareils très sensibles sont employés pour mesurer les déformations des pièces sous les charges successives qu'on leur applique, ce qui permet de vérifier les prévisions du calcul. Bien plus, des modèles réduits d'ouvrages, en verre, en xylonite, bakélite, corps transparents ou translucides présentant, en lumière polarisée, le phénomène de la double réfraction accidentelle lorsqu'ils sont soumis à des contraintes, donnent une mesure exacte de ces pressions ou de ces tensions intérieures, comme si elles étaient visibles : le réseau des lignes isoclives ou des lignes isochromatiques fournit à l'expérimentateur exercé, une vision précise de la répartition des efforts intérieurs dans le modèle soumis à des charges extérieures. Toutes proportions gardées, on a ainsi l'image fidèle de ce qu'on aura réellement, sur l'ouvrage en vraie grandeur lorsqu'il sera en service.

Le perfectionnement des méthodes d'essai des matériaux eux-mêmes n'est pas moindre : essais physiques, essais chimiques, essais mécaniques.

Les premiers ont atteint un degré de précision qui élargit singulièrement leur rôle et leur importance. Ils comprennent l'examen physique du métal, du ciment ou des pierres, soit à vue, soit surtout à l'aide d'appareils micrographiques, soit par le son sensibilisé, le cas échéant, par des microphones; la détermination des constantes caractéristiques telles que la conductibilité électrique et la conductibilité thermique; la recherche des températures critiques et des variations d'état produites par le chauffage, par le refroidissement et par la trempe. Des instruments de dilatation rendent perceptibles les transformations internes, etc...

Les essais chimiques révèlent les plus petites quantités de matières étrangères ainsi que les plus faibles variations dans le dosage des éléments constitutifs. A ces essais se rattachent les essais de corrosion et les essais d'adhérence des revêtements protecteurs.

Quant aux essais mécaniqques, leur but est de reproduire tous les genres d'efforts auxquels les pièces sont soumises en service : traction, compression, flexion, pliage et cintrage, torsion, cisaillement et poinçonnage, choc, pénétration superficielle, perforation, expériences sur la dureté, la fragilité ou la plasticité, essais particuliers sur certaines pièces finies. Ces essais, moyens d'épreuve par excellence, ont pris une place prépondérante; ils sont maintenant employés dans les ateliers et sur les chantiers même. L'influence de la durée et de la température, ainsi que des machines employées sur les résultats a été élucidée.

Au fur et à mesure que les connaissances sur les matériaux de construction se sont étendues, la production et l'élaboration de ces matériaux se sont perfectionnées, ainsi que nous l'avons vu plus haut, et l'on a pu avoir, dans les cahiers des charges, des exigences particulières.

Ces considérations s'appliquent aux divers matériaux constituants.

Tant de progrès ont assuré la parfaite tenue d'ouvrages qui paraissent d'une hardiesse extrême et qui ont été exécutés sans accident pour un prix qu'on aurait pas estimé aussi bas par n'importe quel autre procédé. Pourquoi déplore-t-on parfois des catastrophes pour des constructions beaucoup plus modestes ?

Cela vient assurément, d'abord, de ce que beaucoup de personnes, qui reculeraient devant l'exécution de travaux osés, se croient capables d'exécuter des travaux ordinaires pour lesquels elles ne possèdent cependant, ni la science, ni la technique nécessaires. Les exécutants, insuffisamment contrôlés, se laissent aller à des négligences dangereuses.

Le contrôle de la consistance ou de la fluidité des mortiers ou des bétons s'opère assez facilement sur le chantier même, à l'aide du *slump test* notamment, qui consiste dans la mesure de l'af-

faissement d'un cône de béton moulé dans des conditions définies à l'aide d'un prélèvement opéré au moment de l'emploi.

Les calculs des ouvrages ne doivent être confiés qu'à un ingénieur compétent. Si les matériaux sont reconnus bons, si le béton est convenable, il ne reste plus qu'un danger : l'inexécution des dispositions prescrites par le dessin.

On s'aperçoit facilement, à temps, de toute imperfection des dimensions extérieures des pièces de l'ouvrage ; *il est impossible*, au contraire, de *vérifier la position des armatures après* leur enrobage dans le béton. Or, tous les calculs reposent sur certaines positions à donner aux armatures métalliques.

Beaucoup d'ouvriers et même de chefs de chantier estiment que, dès lors qu'on incorpore dans la masse, les armatures prévues, on peut les placer à peu près où elles gênent moins le coulage du béton. On arrive ainsi à des poutres qui n'ont pas la moitié de la résistance voulue, cela surtout lorsque les armatures destinées à résister aux tensions sont trop loin de la face tendue. Si les aciers sont, au contraire, trop près de cette face, un autre danger, non moins grave, se présente. La couche de mortier qui recouvre les aciers étant trop mince, se détache, s'écaille ou se fissure. Dans ces trois cas, l'humidité arrive facilement aux armatures, l'oxydation s'y propage assez vite; la rouille formée, occupant trois fois à peu près, le volume primitif du fer, fait éclater le béton demeuré intact, l'ouvrage s'effondre.

Ainsi peut être anéantie une œuvre basée pourtant sur la collaboration des savants, des laboratoires et des ingénieurs qui ont établi la technique du béton armé. Les calculs les plus minutieux ne servent plus à rien dès lors que la main d'un ouvrier ignorant peut écarter de la situation prévue les armatures qu'elle peut gêner. Il faut donc empêcher tout déplacement des aciers, volontaire ou accidentel, pendant le coulage du béton et l'on peut être surpris que cette précaution élémentaire de sécurité n'ait pas encore été prise et même *imposée* par les règlements.

Il est assez difficile d'imaginer une méthode simple, économique et sûre d'assurer, d'une manière invariable, le maintien des armatures aux cotes rigoureuses du dessin. Les ligatures, les cales sont des moyens de fortune qui exigent une surveillance continuelle. Pour les poteaux en béton armé, un ingénieur distingué, M. Ponsolle, eut l'idée de créer des gabarits que l'on enfile sur les barres et qui maintiennent celles-ci aux distances prévues des parois du moule dans lequel on coule le béton. Il s'agit ici de poteaux supportant les canalisations d'énergie électrique dont la rupture est particulièrement dangereuse ainsi que le montrent, malheureusement, trop d'accidents. Il ne fallait pas cependant que les gabarits, noyés ensuite dans le béton, puissent y déterminer des solutions de continuité ou abriter de petites cavernes vides de béton. L'inventeur étudia minutieusement les formes de ces gabarits crénelés, étoilés, percés de trous et disposés dans des plans différents pour écarter toute amorce future de rupture. Il ne fallait pas aussi que la rouille des gabarits puisse se communiquer de proche en proche jusqu'aux armatures; contre cela M. Ponsolle emploie de l'acier *inoxydable*, nouvelle conquête de la science, pour les calibres exposés aux intempéries. Quoique les formes soient relativement compliquées, elles peuvent s'obtenir à bas prix, grâce au découpage mécanique en grande série. Nous souhaiterions que ces calibres soient imposés à tous les entrepreneurs à défaut d'une solution au moins équivalente.

*
**

Nous venons de parcourir rapidement les étapes du progrès de ces constructions en béton armé, que l'on peut faire remonter au XVIII[e] siècle avec l'architecte Ango, l'inventeur des planchers incombustibles. Nous avons vu combien de travaux, de recherches, d'expériences, de soins et d'ingéniosité ont été nécessaires pour arriver au succès définitif. Nous avons insisté sur les essais des matériaux et des constructions elles-mêmes et sur le contrôle indispensable dans toutes les phases de l'exécution. Parmi les objets de cette surveillance celle de la situation correcte des armatures est l'une des plus importantes, et des plus malaisées aussi. Les calibres inoxydables et ajourés de M. Ponsolle permettaient d'augmenter — et de beaucoup — la sécurité. Nous craignons que cette invention toute récente soit aussi inconnue de beaucoup d'intéressés que l'invention lointaine de l'Architecte Ango, mais nous espérons que son développement sera beaucoup plus rapide pour la solidité et la commodité de nos constructions modernes.

Edmond Marcotte,

Ingénieur, Lauréat de l'Institut,
Chef de la Section des Essais à l'Ecole
des Ponts et Chaussées.

LES ALLIAGES D'ALUMINIUM

L'aluminium offre des possibilités prodigieuses. On s'en rend compte à l'examen d'une foule d'objets à l'aspect flatteur qui sont devenus aujourd'hui d'usage courant. Si l'on désigne généralement ces objets sous le nom d'objets en aluminium — sans doute pour éviter l'appel à des désignations obscures pour le profane, il faut reconnaître que ce métal est moins souvent employé à l'état pur qu'associé à d'autres métaux.

L'aluminium ne se serait jamais posé en rival de l'acier, de la fonte, du cuivre, etc... si l'on n'avait pas découvert des alliages nombreux qui, en lui conservant sa qualité essentielle : la légèreté, et en lui procurant des propriétés mécaniques remarquables, ont développé son champ d'application, de façon considérable. Sans eux, la production mondiale de l'aluminium ne serait certainement pas passée de 13 tonnes en 1885 à 250.000 tonnes en 1929.

La question des alliages d'aluminium est de première importance. Nous ne prétendons pas ici établir une classification complète des alliages d'aluminium, ni les étudier en détail; nous désirons simplement donner un aperçu schématique des alliages principaux, les autres n'étant, en réalité, que des alliages dérivés, voire des alliages de composition identique dont les noms seulement diffèrent.

Dans cet aperçu, nous nous bornerons à examiner les principales propriétés physiques et chimiques des alliages « types » et nous serons amenés ainsi, tout naturellement, à citer leurs emplois les plus importants.

Pour la commodité nous distinguerons trois sortes d'alliages : les alliages de fonderie, les alliages de forge et de laminage, les alliages pour conducteurs électriques. En outre, nous nous limiterons à l'étude des alliages légers qui sont, et de beaucoup, les plus intéressants.

Les alliages de fonderie : L'aluminium pur est rarement employé en fonderie. Ses caractéristiques mécaniques relativement médiocres, le rendent, en effet, peu propre à une utilisation directe; de plus, son retrait linéaire élevé (17 mm. par mètre) rend la coulée très difficile dès qu'il s'agit de pièces quelque peu compliquées ou de grandes dimensions, et détermine dans celles-ci, soit de fortes tensions internes, soit même l'apparition de défauts et, en particulier, de criques. Pour ces raisons, on lui préfère, en fonderie, certains de ses alliages dans lesquels il constitue d'ailleurs, l'élément dominant. Les plus employés sont les suivants :

Alliages contenant :

8 % de cuivre;
12 % de zinc, 3 % de cuivre;
13 % de silicium (Alpax ou silumin);
12 % de cuivre;
5 % de silicium et 4 % de cuivre.

Les principales caractéristiques de ces alliages sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Dénomination	Charge de rupture kg. par m/m²		Allongements %		Densité	Retrait m. m par m.
	Sable	Coquille	Sable	Coquille		
Alliage 8 % de *Cu*	14,5	18 à 20	2	2,5	2,86	14
— 12 % de *Zn* et 3 % de *Cu*	15 à 17	20 22	3 à 4	7	2,96	13,5
— 13 % de *Si* (Alpax)	17 19	20 22	4 6	4	2,6	12
— 12 % de *Cu*	16 18	20	1	0,3	2,94	13
— 5 % de *Si* et 4 % de *Cu*	»	18 à 17	»	3 à 4	2,75	13,5
Aluminium pur	8 à 10	9 à 10	15 à 20	20 à 25	2,70	17

Les trois premiers de ces alliages sont plus particulièrement utilisés pour la coulée en sable de pièces de toutes dimensions. L'alliage à 12 % de cuivre est presque exclusivement réservé à la coulée en coquille, et enfin l'alliage à 5 % de silicium et 4 % de cuivre est plutôt utilisé dans la fonderie sous pression.

Les alliages que nous venons d'examiner ne comportent, en général, pas de traitement thermique et les caractéristiques indiquées sont celles du métal brut de fonderie. Cette gamme d'alliages permet de réaliser toutes pièces que l'on peut être amené à exécuter en alliages légers.

Les pièces de dimensions moyennes et celles de grandes dimensions sont généralement coulées en sable; elles nécessitent toujours un usinage ultérieur. Lorsqu'il s'agit de pièces courantes soumises à des efforts peu importants et de formes simples, tels que bâtis, carters, etc... on a recours soit aux alliages contenant 8 % de cuivre, soit

à ceux contenant 12 % de zinc et 3 % de cuivre.

Si au contraire, les pièces sont de formes compliquées et présentent par suite, quelque difficulté dans leur réalisation ou si elles ont à supporter en service des efforts mécaniques relativement élevés, on emploie l'alliage à 13 % de silicium connu sous le nom d'alpax ou silumin. Cet alliage traité au moment de la coulée par un procédé d'affinage spécial possède des caractéristiques mécaniques particulièrement élevées et surtout très régulières. Son retrait est faible, ce qui tient à ce que le silicium, contrairement à l'aluminium, se dilate pendant la solidification. Pour cette raison, et aussi parce qu'il est très fluide, cet alliage permet d'obtenir des pièces de très faible épaisseur, parfaitement saines, qu'il serait absolument impossible de réaliser en tout autre alliage.

Les pièces de plus petites dimensions peuvent être avantageusement coulées en coquille à l'état semi-fini, l'usinage ultérieur étant généralement peu important et se réduisant souvent à un simple ébarbage.

La coulée sous pression permet enfin de réaliser avec une très grande précision des pièces de petites ou moyennes dimensions. Les pièces obtenues ainsi n'exigent généralement aucun usinage ultérieur et peuvent être utilisées dès leur démoulage.

Les alliages de forge ou de laminage : Les alliages types dans cette catégorie sont le duralumin et l'almasilium.

Le duralumin contient du cuivre, du magnésium, et, en général, du manganèse. Sa composition la plus courante est la suivante : Cu 4 % ; Mg 0,6 % ; Mn 0,6 % et Al le reste.

L'almasilium renferme du magnésium et du silicium d'après la formule générale : Mg. 1 % ; Si 2 % et Al le reste.

La qualité la plus remarquable de ces alliages est qu'ils sont susceptibles de durcir sous l'influence d'une trempe effectuée à une température qui varie, suivant leur composition, entre 500° et 570°.

Abandonnés à la température ambiante après la trempe, ces alliages voient leurs caractéristiques mécaniques en particulier, leur charge de rupture et leur limite élastique s'élever progressivement pendant quelques jours. C'est ce qu'on appelle le phénomène de vieillissement à la température ambiante.

Ces alliages durcissent aussi par revenu. Ce revenu consiste à les porter, après trempe, à une température comprise entre 100 et 200°. Il peut être effectué, soit immédiatement après la trempe, soit après vieillissement ; le résultat est le même dans les deux cas.

En ce qui concerne le duralumin, on n'effectue pas, en général, de revenu et on se contente de vieillissement de façon à avoir un allongement plus important.

Type de l'alliage	Etat du métal	Limite élastique	Charge de rupture	Allongement %
Duralumin	Recuit	5	12	25
	Trempé à 500° sans vieillissement	14	22	18
	Trempé et vieilli huit jours à température ambiante (normal)	26	40	20
	Trempé, vieilli et revenu six heures à 175°	35	45	10
Almasilium	Recuit	6	11	30
	Trempé à 530° sans revenu	9	20	26
	Trempé et vieilli à la température ambiante (normal)	13	24	26
	Trempé et revenu à 175°	18	31	13

Le tableau ci-dessus reproduit les caractéristiques mécaniques de chacun de ces alliages suivant les différents traitements qu'ils ont subis.

Comme on le voit, ces alliages ont des caractéristiques très sensiblement différentes de l'un à l'autre.

Le duralumin qui a une charge de rupture relativement élevée et voisine de celle de l'acier doux, peut être utilisé pour la fabrication des tôles laminées, de barres et profilés à la presse et de toutes pièces forgées ou estampées.

L'almasilium peut être employé sans subir de revenu après trempe, c'est-à-dire après vieillissement à la température ambiante. Toutefois, si l'on veut obtenir avec certitude une charge de rupture de 31 kg. par mm. carré, il est préférable de le faire revenir à 175°. L'allongement, encore assez important qu'il conserve après traitement thermique, permet de lui faire subir des opérations de transformation, telles que l'emboutissage, le repoussage, la mise en forme, etc... Il est donc particulièrement indiqué pour la préparation de toutes les pièces fabriquées par un des procédés et

pour lesquelles l'aluminium ne présente pas, même à l'état écroui, une résistance mécanique suffisante. Il se prête également bien aux opérations de forgeage et d'estampage. Mais en raison de sa charge de rupture relativement faible, il n'est à recommander pour ces emplois que dans les cas où une résistance mécanique élevée n'est pas nécessaire. Il y a d'ailleurs lieu de signaler que si l'on prolonge au delà de huit heures la durée du revenu après trempe on peut encore élever de manière sensible la charge de rupture; cette augmentation ne se fait, il est vrai, qu'au détriment de l'allongement, qui devient alors très faible, et ne dépasse pas 8 % environ.

Pour terminer cet aperçu sur les alliages d'aluminium à haute résistance, il nous paraît intéressant de rapprocher dans le tableau ci-après les caractéristiques de ces alliages de celles de métaux courants.

Métal en tôle	Limite élastique	Charge de rupture	Allongement %	Densité
Aluminium 99 % recuit	3	9	36	2,7
Cuivre rouge recuit	4	23	40	0
Laiton 1er titre recuit	9	31	57	8,6
Almasilium	13	24	26	2,7
Duralumin	26	40	20	2,8
Acier doux	28	38	28	7,8

Les alliages pour conducteurs électriques : Nous ne retiendrons, à titre d'exemple, parmi les alliages de ce groupe que l'almelec. Il contient 0,7 % de magnésium, 0,5 % de silicium et 0,3 % de fer, le reste d'aluminium. On remarque tout de suite la faible proportion de métaux étrangers incorporés à l'aluminium; malgré cela, les caractéristiques de l'almelec sont extrêmement intéressantes. Sa charge de rupture atteint 35 kg., son allongement 6 % et sa densité est égale à 2,7.

Cet alliage présente, par ailleurs, au point de vue corrodabilité et conductibilité notamment, les mêmes propriétés à très peu près, que l'aluminium pur. Il permet donc à ce dernier corps, par simple addition de quantités minimes d'autres métaux, de rivaliser aisément avec le cuivre. Quelques chiffres suffiront d'ailleurs à prouver cette affirmation.

Cuivre recuit : densité 8,95; conductibilité électrique relative (étalon) 100; charge de rupture, 42 kg. mm².

Almelec : densité 2,7; conductibilité électrique relative, 54 à 55; charge de rupture 35 kg. mm²; rapport des poids de cuivre et d'almelec à égalité de conductibilité, 0,54.

Un autre avantage, sur lequel il convient d'insister également, c'est la facilité de pose des câbles homogènes en almelec; elle équivaut à celle des câbles en cuivre. Alors que, par exemple, la dureté minéralogique de l'enveloppe d'aluminium du câble aluminium-acier reste très faible et risque des rayures ou érosions au moment de la pose, la dureté minéralogique de l'almelec, qui est de l'ordre de 100 à 110 Brinell, et, par conséquent, égale à celle du cuivre, supprime toute difficulté dans les manutentions au cours de la pose.

Nous nous contenterons, pour compléter notre exposé, de préciser quelques applications en ce qui concerne les alliages « types ».

Les alliages à 8 et 12 % de cuivre conviennent particulièrement au moulage des pièces de formes compliquées : carters de moteurs, flasques, bâtis de magnéto, etc... qui n'ont pas à supporter des efforts mécaniques considérables.

L'alpax permet de réaliser dans d'excellentes conditions les pistons des moteurs à explosion, les culasses et les cylindres; il allie, en effet, à la légèreté une haute conductibilité thermique, en même temps qu'une résistance mécanique suffisante. Toutefois, en ce qui concerne les cylindres, on est amené à les chemiser avec des fourreaux d'acier.

L'alpax est encore employé pour la fabrication des carburateurs et de nombreuses pièces de carrosserie pour automobile. Se coulant facilement, on n'éprouve aucune difficulté à obtenir, grâce à lui, des pièces d'un dessin fouillé.

L'aménagement des voitures de chemins de fer, bénéficie, au même titre, des avantages de fluidité de l'alpax fondu et de sa légèreté. Les voitures métalliques de plus en plus en faveur, comportent de nombreux organes en Alpax.

Il convient également de noter que cet alliage, très peu attaquable par l'eau de mer sert, avec avantage, à exécuter les canalisations, portes de cloisons étanches, bâtis de machines, etc... utilisés dans la construction navale.

Le Duralumin est, sans doute, l'alliage aux applications les plus nombreuses et les plus précieuses. Partout où la légèreté concurremment avec la résistance mécanique doivent être recherchées, il trouve son emploi.

L'industrie des wagons de chemins de fer, l'industrie textile y font un large appel; la première pour tout ce qui est tôlerie, chaudronnerie et pièces forgées; la deuxième pour la réalisation des organes à mouvements alternatifs ou rotatifs rapides très nombreux sur les machines à tisser.

Mais le duralumin est surtout utilisé dans la construction automobile et dans l'aviation. Grâce à lui, on a pu alléger les organes non suspendus :

essieux, roues, tambours de frein, etc... et améliorer considérablement la tenue de route des voitures. Il a permis également de réaliser des avions entièrement métalliques, et l'on constate qu'il remplace avantageusement le bois utilisé presque exclusivement aux débuts de l'aéronautique.

Les pièces à mouvements rapides : bielles, hélices, etc... sont aussi usinées en duralumin, dans des condidions parfaites.

Notons encore que le duralumin trouve de nombreux débouchés dans la fabrication, des appareils d'orthopédie, de précision, et la décoration, la quincaillerie, etc...

L'Almasilium est précieux pour l'exécution des pièces emboutis, des pièces chaudronnées, des canalisations, etc. en général de toute pièce susceptible d'être obtenue par déformation de tôles, de tubes ou de profilés. Par exemple, l'industrie du mobilier fabriqué en almasilium ; des sièges, des tables, etc...

Son application aux carrosseries d'automobiles, aux autobus, aux tramways, au matériel de chemins de fer, etc... paraît tout à fait indiquée. Pour une durée égale à celle des tôles en acier doux, on obtient un allégement de poids de 60 %.

L'emploi de l'almasilium dans la construction du petit matériel électrique a été réalisé avec un plein succès, en particulier pour la confection de douilles de lampes, de griffes d'abat-jour, etc...

En résumé, l'alliage léger, « Almasilium » se présente comme un alliage intermédiaire entre l'aluminium et le duralumin. Lorsque le facteur légèreté a une importance incontestable, la substitution de l'almasilium à l'acier doux s'imposera puisque avec les mêmes facilités de travail et la même dureté, il sera possible de réaliser une économie moyenne de 60 % de poids.

L'Almelec trouve, dans l'industrie électrique, de larges débouchés. Notons simplement que des lignes de grandes longueurs, à haute tension, réalisées en Almelec sont actuellement en exploitation dans des conditions excellentes.

En manière de conclusion, nous attirons l'attention sur les avantages économiques des alliages d'aluminium. En premier lieu, il faut diviser le prix du métal par trois.

D'autres considérations interviennent, comme la reprise des déchets, la suppression de certaines opérations. Par exemple, dans le cas de l'acier, le déchet n'a pas de valeur alors que les déchets de duralumin en morceaux, ont environ les 2/5 de la valeur des tôles neuves. Dans le cas du laiton, il faut souvent, soit nickeler, soit chromer le métal, alors que le polissage du duralumin, par exemple, beaucoup moins coûteux, sera très suffisant.

Enfin l'usinage des alliages d'aluminium est, d'une façon générale, beaucoup plus rapide que celui de l'acier, et légèrement plus économique que celui du laiton.

Ces considérations montrent que, pour juger des métaux, il ne suffit pas de mettre les prix d'achat l'un à côté de l'autre, il faut faire intervenir les caractéristiques propres à chaque métal.

L. Potin.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Bieberbach (L.). *Professeur à l'Université de Berlin.* — **Differentialgleichungen**. *Vol.* VI *de la Collection* Grundlagen der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen (3e *édition*). — 1 *vol. gr. in*-8° *de* XIII-399 *pages. (Prix, relié toile,* 20 *marks). J. Springer, Berlin,* 1930.

Dans cette troisième édition d'un ouvrage qui a eu un gros succès, l'auteur s'est proposé d'écrire un livre moderne sur la théorie des équations différentielles, conduisant le lecteur des éléments de la théorie aux résultats les plus récents. Diverses additions, notamment un résumé de la théorie de Lie et une étude de l'intégration par les séries asymptotiques divergentes de Poincaré, ont augmenté le volume d'une quarantaine de pages. La présentation matérielle a été encore améliorée par une subdivision de la plupart des paragraphes, qui facilite les recherches.

Le livre de M. Bieberbach comporte quatre parties. Dans la première il étudie les équations différentielles du premier ordre; intégration par les procédés élémentaires; théorèmes d'existence et propositions connexes; esquisse de la théorie de Lie; étude au point de vue réel, d'après Poincaré et Bendixson, de certaines équations résolues en y' autour d'un point en lequel le second membre est indéterminé; étude de certaines équations dans le champ complexe d'après Briot et Bouquet, Painlevé et Malmquist, Poincaré et Lindelöf. La seconde partie, qui traite des équations du second ordre, est conçue sur un plan analogue : théorèmes d'existence et méthodes élémentaires d'intégration; étude des solutions dans le domaine réel comportant notamment la théorie de Sturm-Liouville et un intéressant chapitre sur les extrémales fermées. Dans un dernier chapitre, l'auteur étudie les solutions des équations linéaires dans le domaine complexe : équations du type de Fuchs avec application à l'équation hypergéométrique et aux fonctions de Schwarz; théorie des séries divergentes asymptotiques; méthode d'intégration de Laplace. La troisième partie traite des équations aux dérivées partielles du premier ordre : équations linéaires; équations généralisées intégrées par la méthode des caractéristiques puis par celle de l'intégrale complète; application aux équations de la mécanique; transformations canoniques et transformations de contact. Enfin la quatrième partie donne la théorie des équations de Monge-Ampère et les éléments de la théorie des équations aux dérivées partielles du second ordre ordre des types hyperbolique, elliptique et parabolique.

Dans tout le cours de son ouvrage, M. Bieberbach renvoie le lecteur aux mémoires les plus récents dans lesquels il trouvera des développements qu'il ne pouvait être question de donner dans un livre de 400 pages. On peut d'ailleurs se demander s'il n'y aurait pas intérêt désormais à scinder l'ouvrage en deux volumes. La théorie des équations aux dérivées partielles du second ordre exige à elle seule d'assez longs développements comme on peut le voir en se reportant au Traité d'analyse de M. Goursat. Dans la théorie des équations différentielles ordinaires, l'auteur n'a pas donné les résultats de M. Painlevé et de ses élèves sur les équations du second ordre et d'ordre supérieur; la théorie de l'intégration logique de M. Drach n'est pas abordée; le nom d'Halphen même n'est pas prononcé. Il faut d'ailleurs reconnaître qu'il est assez difficile de séparer ce qui ressortit à la théorie des équations différentielles de ce qui se rattache plutôt à la théorie des fonctions; pour ma part je renverrais à cette dernière pour ce qui concerne les fonctions de Schwarz et pour tout ce qui touche à la recherche d'équations dont l'intégrale générale est uniforme. Mais ce sont là questions d'appréciation personnelle.

Tel qu'il est conçu et réalisé, le livre de M. Bieberbach embrasse cependant un domaine très vaste. Par son exposition très claire, par sa documentation très sûre et très à jour, il continuera à rendre de grands services tant aux étudiants qu'aux professeurs, et il est à souhaiter qu'on puisse le consulter dans nos bibliothèques universitaires.

G. Valiron (Strasbourg).

***

Brunold (Charles), *Agrégé des sciences physiques, Docteur ès lettres.* — **L'Entropie, son rôle dans l'évolution de la Thermodynamique.** — 1 *vol. in*-8° *de* 229 *p. Masson et Cie, Paris.*

1. Involution ou évolution? Le chapitre I du présent livre a pour titre : L'œuvre de Sadi Carnot. Les origines du principe d'involution. S'adressant aux philosophes qui veulent connaître la science, M. Ch. Brunold nous fait savoir « qu'en désignant par le mot *involution* les transformations qui conduisent de l'hétérogène à l'homogène, et en réservant le mot *évolution* pour désigner les transformations qui, comme celles de la biologie, conduisent, au contraire, de l'hétérogène à l'homogène, il se conforme au Vocabulaire de la *Société française de Philosophie*... Il est intéressant de remarquer que le mot *in-volution* est exactement le calque latin du grec ἐν-τροπή, d'où Clausius a tiré entropie » (p. 17).

Mais on ne nous dira jamais ce qu'est le principe d'involution. Ce dernier mot ne reparaît qu'une seule fois dans l'ouvrage (p. 134) : « L'augmentation de l'entropie d'un système isolé ou la diminution de son énergie utilisable, ce sont là deux manières d'exprimer le même principe d'involution ». Sur le titre courant du chapitre I, je vois 19 fois : principe d'évo-

lution. Page 111-112 je lis : l'idée « d'évolution est le fonds du second principe ». Enfin, si Clausius a cherché un mot dans le dictionnaire grec, comment peut-il dire lui-même (p. 98) qu'il a « *formé* ce mot en-trop-ie, de manière qu'il se rapproche autant que possible du mot én-erg-ie » (?)

2. Passons à l'histoire. W. Thomson, avant d'avoir pu lire Carnot, a appelé *fonction de Carnot* l'inverse du C de Clapeyron, c'est-à-dire la dérivée F' (*t*) du F (*t*) par lequel Carnot désignait « la puissance motrice développée par la chute d'une unité de chaleur du degré *t* au degré 0° ». Cette dénomination, rappelée par Clausius, était conservée par Lippmann en 1886. J. Bertrand (1888) et H. Poincaré (1889) appellent au contraire fonction de Carnot F (*t*) ou plutôt F (t_1,t_2), qui eût été égal, pour Carnot, à F (t_1) — F (t_2). Pourquoi M. Ch. Brunold, sans donner plus de raisons que ces deux savants, adopte-t-il leur langage?

Le point a son importance, car la valeur de F' (*t*) dépend du degré thermométrique, tandis que F (t_1, t_2) a une valeur absolue, fixée quand on se donne deux températures physiquement déterminées. Tel est le théorème de Carnot. Mais je ne puis suivre M. Ch. Brunold quand il dit que « le résultat capital établi par Carnot » s'exprime par la mise de F (t_1,t_2) sous forme de la différence F (t_1) — F (t_2), ce qui suppose la conservation du calorique.

Après J. Bertrand et H. Poincaré, M. Ch. Brunold dit (p. 45) que ni Carnot ni Clapeyron n'ont songé (?) à chercher la forme de F. Cependant, dans une longue note infrapaginale (pp. 73-79 des *Réflexions sur la puissance motrice du feu*), Carnot trouve cette forme sous deux hypothèses successives, admettant que la chaleur spécifique à *v* constant des gaz est : 1° indépendante de *t*; 2° indépendante de *v* à *t* constant. La première condition a été vérifiée par Regnault. M. Ch. Brunold dit que, si elle avait été connue de Clapeyron en 1834, l'œuvre de Carnot eût pu dès lors être parachevée. Alors Carnot lui-même avait parachevé en 1824?

Non! parachever ne peut signifier : combiner le théorème de Carnot, qui est vrai, avec la conservation du calorique. Ce qu'il faut c'est introduire, soit l'équivalence en général, soit une propriété compatible avec l'équivalence, dans la formule de Clapeyron. Celle-ci est exacte, non par un jeu providentiel d'infiniment petits, comme le veut (p. 49) M. Ch. Brunold (après J. Bertrand), mais parce qu'elle exprime directement le théorème de Carnot, lequel ne vise qu'une des quantités de chaleur figurant dans un cycle.

3. Je demanderai aussi pourquoi M. Ch. Brunold, parlant de la découverte du principe de l'équivalence par Carnot, s'en tient à la publication tronquée des notes posthumes faite en 1878? Pourquoi il ne cite pas, de la reproduction complète publiée en 1927 par M. E. Picard, le feuillet, exhumé dès 1919, où Carnot décrit un plan d'expérience sur les gaz dont il a déduit le nombre 372, déjà tout écrit, par un hasard merveilleux cette fois, à la page 80 des *Réflexions*?

4. Quel est le rôle de l'entropie dans l'histoire de la thermodynamique? La phrase de la page 134 citée plus haut est suivie de celle-ci : « Le concept d'énergie utilisable présente sur la notion d'entropie plusieurs avantages »; cette notion est « d'un maniement délicat (p. 167) et... ne saurait fournir à l'expérimentateur l'instrument pratique de prévision dont il a besoin ». Les 13 lignes du sommaire des Conclusions générales ne contiennent pas le mot entropie; je demande si cette notion est bien le sujet du livre?

D'autant plus que le mot est maintes fois employé, à mon avis, hors de propos. On parle de la variation d'entropie qui accompagne la diffusion des gaz, processus irréversible. M. Brunold croit-il vraiment qu'il y ait un lien quelconque entre ces deux faits : 1° l'impossibilité, niée ou non par le mécanisme, de la séparation spontanée, adiabatique et sans travail, de l'oxygène et de l'azote atmosphériques et 2° l'unicité de rendement de machines à feu réversibles qui utiliseraient, entre les mêmes limites de température, l'alcool ou l'éther au lieu de l'eau?

Telles sont quelques-unes des nombreuses questions que soulève la lecture du livre de M. Ch. Brunold.

C. Raveau.

*
**

Coudere (Paul). — **L'Architecture de l'Univers.** 1 *vol. in*-8° *de* 166 *p., et* 8 *héliogravures. Gauthier-Villars, Paris,* 1930. (*Prix :* 20 *francs*).

Cet excellent volume passe en revue les notions les plus récentes sur le monde des infiniment grands, disons le système galactique et les nébuleuses spirales, sa naissance, sa vie, son déclin; sujet mal connu du grand public *instruit* qu'il veut éclairer : je dis à dessein instruit, les tentatives pour conduire les simples primaires dans le domaine scientifique vrai étant vouées d'avance au plus brutal insuccès, ne serait-ce que pour cette *ultima ratio* : le sujet est dépourvu d'intérêt à leurs yeux.

Peu leur chaut que le monde soit constitué en dernière analyse de nébuleuses spirales dont on repère actuellement deux millions, que la voie lactée soit regardée par les uns comme une nébuleuse de ce genre, bien que d'autres se refusent à admettre une telle hypothèse, que les « dimensions » linéaires du Monde soient d'un ou deux millions d'années de lumière, que l'hypothèse de Laplace sur les origines du système solaire soit profondément modifiée aujourd'hui.

Un des plus curieux points de vue actuels est celui de la « finitude » du Monde : nous en trouverons l'origine dans les travaux d'Einstein et de ses devanciers.

Les philosophes scolastiques ont dit : l'infini matériel répugne...

Si le rayon de courbure du monde existant est fini, supposition tout à fait séduisante, ils ont raison. Et cela est plus qu'une supposition, c'est une vraisemblance. On a même pu calculer ce rayon en faisant l'hypothèse qu'il est fini.

Les grandeurs spatiales qui sont en jeu dans la description de l'univers, les temps qui entrent

— **Cours de Chimie organique**, 4e *édition*. — 1 *vol. in*-8° *de* 744 *pages. Bruxelles, Maurice Lamertin; Paris, J. Hermann, éditeurs*, 1927. (*Prix* : 72 *francs.*)

On trouve, après la table alphabétique qui termine ce livre, un erratum, d'ailleurs incomplet, qui s'étend sur six pages et dont l'éditeur s'excuse en l'expliquant par « des conflits surgis dans l'établissement ayant assumé l'impression de l'ouvrage ». Ce grand nombre d'erreurs est une gêne continuelle dans la lecture et la consultation du livre. Ce n'est pas la seule critique à faire au point de vue typographique. Le livre est bien divisé en paragraphes et chapitres, mais les vingt grands chapitres dont le détail se trouve dans la table systématique ne sont pas numérotés ni indiqués par leur titre en tête de la page gauche, ce qui faciliterait l'usage du livre. On trouve quelques dessins schématiques, mais trop peu de figures proprement dites qui donneraient à l'ouvrage un aspect plus vivant et plus agréable. Il faut signaler enfin un manque absolu d'indications bibliographiques; celles-ci sont cependant précieuses quand on désire des détails supplémentaires sur une méthode ou un travail quelconque. On nous excusera de faire surtout des critiques qui paraîtront peut-être des critiques de détail. Ces détails ont cependant une grande importance, puisqu'un livre comme celui-ci est destiné à être lu d'abord et consulté ensuite.

La liste suivante des chapitres donnera une idée du plan et de l'ordre suivis. L'ouvrage est tenu soigneusement au courant des progrès faits en chimie organique. C'est donc un ouvrage important. Il faut seulement regretter qu'il n'y ait pas été apporté plus de soin à la présentation aux points de vue matériel et pédagogique.

I. Généralités. II. Série grasse. III. Composés du cyanogène. IV. Acides. V. Cétones et aldéhydes. VI. Composés bivalents (glycols, d'amines, etc..., acides bibasiques, etc...). VII. Composés trivalents (Chloroforme, glycérine, etc..., acides tribasiques). VIII. Composés tétravalents. IX. Composés pentavalents (Pentites). X. Composés hexavalents (Hexites). XI. Sucres. XII. Dérivés de l'acide carbonique (Acide carbamique.. Urée... etc). XIII. Notions de cinétique chimique. (Chapitre important et bien rédigé qui serait peut-être mieux placé plus près du début). XIV. Composés cycliques. XV. Série aromatique. XVI. Fonctions localisées dans les chaînes latérales. XVII. Composés aromatiques à noyaux conjugués. XVIII. Composés à anneaux condensés (naphtaline, anthracène, phénanthrène). XIX. Composés hétérocycliques (Pyrrol, pyrazol, furfurane, thiophène). XX. Série pyridique.

L. Z.

3° Sciences naturelles.

Magalon (Marius), *chargé de cours à l'Université indochinoise.* — **Contribution à l'étude des palmiers de l'Indochine française** (*Thèse, Faculté des Sciences de Montpellier*). — 1 *vol. in*-8° 248 *p.*, XV *pl. Les Presses modernes, Paris*, 1930.

L'auteur de cette excellente étude habite l'Indochine qu'il a parcourue dans tous les sens depuis 1921. Il ne s'agit donc point d'un travail de micrographie effectué en Europe dans le silence du Laboratoire sur des échantillons desséchés, mais du résultat d'observations faites à travers le grand herbier vivant de la nature, où les plantes sont vues dans leur station, avec l'aspect qui leur est propre, circonstance qui rend particulièrement attrayande la lecture de cette thèse.

La description morphologique et la systématique des espèces énumérées est faite avec une grande clarté, indice d'un effort patient, l'inflorescence des palmiers n'étant pas facile en général à disséquer. Aux 52 espèces énumérées par le Pr. Beccari pour l'Indochine, M. Magalon a pu, grâce à ses recherches, ajouter 22 autres espèces inconnues jusqu'ici en Indochine, dont 4 sont nouvelles pour la science :

Livistonia tonkinensis, Caryota baesonensis, Pinanga banaensis, Pinanga annamensis.

L'auteur fait également des remarques fort intéressantes sur la répartition géographique des palmiers entre les régions nettement tropicales et subtropicales du vaste territoire indochinois, dont la frontière climatique se trouve approximativement à Tourane sur la côte d'Annam. On peut répartir les palmiers indochinois en deux groupes. Les palmiers tropicaux dont Nipa fruticans (le palmier d'eau) comme espèce critère de la frontière climatique. Ce palmier, si répandu sur le bord des rivières et des marécages du Sud-indochinois, ne remonte pas au delà de Tourane. Cocos nucifera, également espèce tropicale ne se trouve qu'incidemment dans le delta tonkinois, sa limite septentrionale est Bong Son dans le Binh-Dinh. M. Magalon ajoute à ces deux groupes un troisième, celui des palmiers « cosmopolites » que l'on trouve dans toute l'Indochine et très souvent en Birmanie, en Malaisie britannique, au Siam.

A la première partie, purement botanique, de l'ouvrage et la plus importante par son ampleur fait suite une série de chapitres concernant l'utilisation des palmiers. Très documentés ils résument ce que l'on en doit connaître et nous apportent des détails nouveaux sur bien des points. Enfin une bibliographie termine l'ouvrage : elle a un grand mérite, c'est d'être courte et de laisser à la thèse elle-même la place prépondérante dans l'ouvrage.

Quelques planches terminent le volume; on souhaiterait d'y voir les photographies des espèces découvertes par l'auteur, mais peut-être accompagneront-elles les diagnoses latines qui paraîtront ultérieurement.

Marcel Rigotard.

4° Art de l'ingénieur.

Housel (W. S.) — **A practical method for the selection of foundations based on fundamental research in soil mechanics.** — (Engineering research, Bulletin n° 13 *de l'Université de Michigan.* — *Grand in*-8° *de* 117 *pages, avec figures.* (*Prix* : 1 *dollar*).

Les différents sols superficiels sont évidemment, *a priori*, inégalement propres à soutenir les mêmes

poids. Il y a des sols solides, il y en a de plastiques, et même de coulants. Le travail que voici présente une méthode pratique de détermination des aptitudes d'un sol donné au point de vue dont il s'agit; il intéresse l'architecte et le constructeur, ceux-là surtout qui ont à édifier des constructions de grandes dimensions. Il y a un art de choisir les fondations et il y a des procédés pour déterminer la valeur des sels. L'auteur expose sa méthode, décrit les appareils employés et élabore les équations découlant des résultats.

V.

5° Géographie.

Decary (R). — **L'Androy** (Extrême-Sud de Madagascar). *Essai de monographie régionale. I. Géographie physique et humaine.* — 1 *vol. in*-8°, 221 *pages*, Société d'Editions géographiques, maritimes et coloniales, *Paris*, 1930.

L'Androy est toute la vaste région qui constitue l'Extrême Sud de Madagascar, bien limitée à l'E. par des crêtes élevées (entre Beara et Fort-Dauphin), se poursuivant à l'W., sans transition marquée, jusqu'au Menarandra, limite du pays Mahafale, région caractérisée par une zone Nord mamelonnée, une zone Sud horizontale, plaine dont la base baigne dans la mer et dont la terminaison la plus remarquable est l'escarpement du cap Sainte-Marie.

C'est à ce très curieux pays, dont la pénétration militaire est relativement récente, qui avait, de tout temps, séduit les explorateurs, mais qui restait encore insuffisamment connu, que R. Decary, administrateur et naturaliste, dans le sens large du terme, vient de consacrer un livre important. Il contient deux cartes en couleurs, et 12 planches hors texte reproduisant des clichés de l'auteur et de G. Grandidier qui visita ces régions ingrates à une époque où il n'était pas facile d'y pénétrer.

La première partie (p. 1 à 90) est une étude de géographie physique pleine d'observations personnelles. J'y signalerai notamment la documentation sur le volcan Antandroy, dont les premières éruptions dateraient de l'Aquitanien ou de l'Eocène (A. Lacroix), le chapitre consacré à l'hydrographie (ch. V), celui consacré à la biogéographie (ch. VII).

La deuxième partie, qui constitue le gros du volume (p. 91 à 203), est une étude de géographie humaine que l'auteur a voulue très complète. Le chapitre sur les habitants renferme des données intéressantes, qui demanderaient toutefois, nous semble-t-il, une analyse plus poussée, sur la concentration de la population. Selon R. Decary, elle apparaît déterminée autant et plus par la fertilité du sol que par la présence de l'eau et la zone des calcaires est la zone la plus peuplée, alors qu'elle est dépourvue d'eau. Beaucoup de ses habitants s'approvisionnent aux nappes d'eau de la zone des sables. La mer n'a point entraîné de condensation humaine, car l'Antandroy, manquant de pirogues, en face d'une mer houleuse, n'est qu'un médiocre pêcheur de récifs. Quoi qu'il en soit, la rareté de l'eau dans cette région au climat sub-désertique, et le souci de s'en procurer, a joué un rôle de premier plan dans l'histoire et la vie des Antandroy. Les pages qui traitent de cette question essentielle sont pleines de faits vécus, tels ceux qui concernent les *ranovato* (réservoirs à eau) naturels ou aménagés (anfractuosités des troncs, excavations dans les calcaires) ou artificiels.

Le chapitre IV de cette deuxième partie — nous sommes ici sur les confins de la géographie humaine et de l'ethnographie — est, à mon sens, un des plus importants du volume. Il est consacré aux habitations et aux groupements humains. On y trouve des détails sur la technique de la construction de la case, sa diversité selon les régions et les influences qu'elle subit, sur les gîtes temporaires des gardiens de bœufs (*Kialo*). L'auteur traite ensuite des voies de communication (chap. IV), des cultures (chap. V), de l'élevage (chap. VI), etc. Sa connaissance de la langue antandroy, dont il a déjà publié un lexique, a permis à R. Decary une étude sur les noms de lieux du pays (chap. VIII). Signalons enfin la bibliographie bien ordonnée qui termine le livre. Elle est précédée d'un chapitre de conclusions où l'auteur tente de donner une vue condensée du pays, de ses possibilités économiques. On y trouve l'apologie de la Raiketa (*Opuntia vulgaris*) dont les Antandroy mangent les fruits, et les bœufs les articles.

R. Decary déplore sa disparition due à l'importation du *Coccus cacti*. Considérant la question sous un angle différent du sien, nous ne pouvons être d'accord avec lui sur ce point. Mais il faut seulement louer ici l'auteur pour son volume, fruit d'une documentation consciente et précise, recueillie pas à pas dans la brousse du Sud. L'ouvrage complet de R. Decary comprendra deux volumes. Il faut lire le premier avec attention pour apprendre ce que contiendra le second. C'est au cours d'un chapitre (p. 148) que l'auteur nous annonce incidemment qu'il sera consacré à l'ethnographie. Qu'il soit assuré que tous ceux qui ont la première partie entre les mains voudront posséder l'œuvre complète et attendront la seconde partie avec impatience.

G. Petit.

*
**

Nisson (Claud.). — **La Conquête du Mont-Blanc.** — 1 *vol. in*-8° *de* 215 *pages avec figures. Edition Spes.* 1930. *Prix* : 10 *francs.*

L'Alpinisme est à la base d'une science spéciale qui tient de la géographie, de la géologie, de la météorologie, de l'histoire naturelle : car l'exploration des cimes complète les vues que nous avons sur les parties du globe facilement accessibles. Ici, il n'est question que de la conquête du mont Blanc, réalisée en 1786 par Balmat et Paccard. Bien que la première idée d'une si noble conquête revienne incontestablement au grand savant genevois Horace-Benédict de Saussure, bien qu'à côté de lui un autre genevois, Marc-Théodore Bourrit, ait, avec une inlassable ardeur entretenu le courage des assaillants, on

aime à voir que ce furent deux Savoyards, deux enfants de la vallée de Chamonix, qui pour la première fois, foulèrent la cime magnifique, peu avant de Saussure qui atteignit le sommet du mont Blanc en août 1787.

Cinquante ans plus tard, en 1844, l'idée se faisait jour d'installer un observatoire au sommet du mont, mais c'est en 1887 seulement que M. Vallot préparait, puis réalisait l'installation de l'observatoire, véritable maison de bois avec doubles portes, doubles fenêtres, remplacé en 1898 par une nouvelle construction en bois, à double paroi, parfaitement étanche.

Rappelons la magnifique équipée de Janssen, directeur de l'observatoire de Meudon qui, ne pouvant faire l'ascension, se fit hisser, en chaise sur l'herbe, en traîneau sur la neige, par un équipage de douze hommes.

Mais la neige submergeait peu à peu l'observatoire. On dut le démolir et le remplacer par un autre observatoire placé sur le rocher des Bosses, à 4.362 mètres, non loin du sommet, qui s'élève à 4.807 mètres.

M. Claude Nisson fait un excellent historique de tout ce qui s'est passé de notable à ce propos depuis la fin du XVIIIe siècle.

B. M.

***

Dessoliers (H.). — **Refoulement du Sahara.** — *1 vol. gr. in-8° de 158 p. avec tableaux. Béranger*, 1930. (*Prix : 30 francs*).

Cet ouvrage, qui a les honneurs actuellement d'une deuxième édition malgré son caractère essentiellement technique, est un résumé de vues de l'auteur sur la manière dont l'homme accroîtra progressivement les pluies des régions arides en créant et en multipliant au milieu des terres et des eaux des aires de surchauffe solaire, destinées à provoquer l'appel et la convergence de masses d'air considérables et leur ascension vers le zénith.

L'influence des forêts sur les pluies est bien connue ainsi que le comportement des nappes d'eau et les accidents du sol. Partant de ces données, M. Dessoliers, que sa qualité d'ingénieur rend accessible aux contingences, montre comment on pourrait utiliser les cimes pour amorcer la régression des pluies, ce qui devra se faire à partir des littoraux. La distribution des pluies au Maroc dans la région de Merrâkech confirme que le problème de la pluie consiste essentiellement à contraindre de grandes masses à s'élever haut dans le ciel.

Mais pourquoi chercher l'eau en dehors des puits artésiens et de l'aménagement des cours d'eau? Parce que les puits épuisent l'eau du sous-sol algérien et parce que l'aménagement des rares fleuves et oueds de ce pays, fut-il complet, ne suffirait pas, loin de là.

Si une recrudescence de pluie, même faible, vient se joindre au dry-farming, qui donne de si beaux résultats en Algérie, cette belle colonie accroîtra encore sa richesse. Pour cette raison, les initiatives, comme celle de M. Dessoliers, doivent être encouragées.

B. M.

6° Sciences diverses.

Moreux (Abbé Th.). — **Science et Style.** Conseils a un jeune écrivain. — *1 vol. in-16 de 286 p. (Prix : 15 fr.). G. Doin et Cie, Paris*, 1930.

Délaissant sa science favorite, et celles qu'il cultive par surcroît, M. l'abbé Moreux nous présente aujourd'hui un certain nombre de réflexions sur « l'art d'écrire ». Non point qu'il abandonne la méthode scientifique en se plaçant sur le terrain littéraire. « L'art d'écrire, comme tous les arts, — dit-il avec juste raison, — comporte, à côté de conventions nécessaires, des principes et une sorte de technique qui s'appuient sur des règles fondées sur notre nature... Cette part immuable, qu'on le veuille ou non, c'est à la science, en dernier ressort, qu'il incombe de nous l'indiquer ».

C'est à cette recherche que se livre l'auteur dans une série de lettres à un jeune élève que tente la vocation littéraire et où il étudie successivement : le mot propre et l'exactitude, la phrase et la clarté, l'harmonie des mots, l'harmonie des phrases, le rôle du substantif, l'emploi de l'adjectif, le choix des verbes, l'élégance et le bon goût.

A propos de chacun de ces sujets, M. l'abbé Moreux appuie ses réflexions d'un grand nombre de citations d'auteurs connus et qui constituent des exemples soit de correction et d'élégance du style, soit de fautes, souvent grossières, à éviter. Pour qui ne les a pas lus, il est difficile d'imaginer les négligences et le relâchement de tant d'écrivains en vogue, dont la renommée a de tout autres raisons que la valeur de leur style; aussi le distingué astronome se livre-t-il, avec preuves à l'appui, à une juste critique de la comédie des prix littéraires, dans l'attribution desquels la réclame et l'intrigue l'emportent le plus souvent sur toute autre considération.

Les prétendus littérateurs ne sont d'ailleurs pas seuls à servir de cible à M. l'abbé Moreux. Si quelques grands savants peuvent être cités comme des écrivains de premier ordre, combien d'autres, en particulier parmi ceux qui visent le grand public, laissent-ils à désirer à ce point de vue; à qui en douterait, nous recommandons les perles que M. Moreux a extraites des chroniques scientifiques d'un grand journal du matin.

Il y a donc un vigoureux redressement à opérer dans le domaine de l'art d'écrire. Souhaitons que beaucoup s'inspirent des judicieux conseils qu'ils trouveront dans « *Science et Style* ».

Louis Brunet.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 8 Février 1930.

MM. **F. Rathery, R. Kourilsky** et Mlle **S. Gibert** : *Les variations précoces du glycogène du foie et du muscle chez le Chien inanitié sous l'influence de l'insuline.* Le Chien inanitié, même pendant 31 jours, peut conserver encore une quantité importante de glycogène hépatique et musculaire. Il existe de grandes variations individuelles. Comme chez le Chien normal, l'insuline détermine un abaissement très marqué du glycogène hépatique et une chute légère du glycogène musculaire. La dose d'insuline ne paraît pas intervenir (du moins à partir d'une certaine dose). — MM. **F. Rathery, R. Kourilsky** et Mlle **S. Gibert** : *Les variations précoces du glycogène du foie et du muscle chez le Chien dépancréaté avant et après l'infection d'insuline.* Sous l'influence de la dépancréatisation, le glycogène hépatique s'abaisse fortement, en général, mais il existe de nombreuses exceptions à cette règle. Le glycogène musculaire s'abaisse, mais bien moins que le glycogène hépatique. L'injection d'insuline amène un abaissement léger du glycogène musculaire. Par contre, elle influe d'une façon très nette sur le glycogène hépatique. Le sens de cette variation paraît conditionné, au moins en partie, par l'état du glycogène dans le foie. Il n'existe aucun rapport ni aucune relation entre l'état du glycogène hépatique et le taux des glycémies non plus qu'entre l'état du glycogène hépatique et du glycogène musculaire. L'action de l'insuline sur le glycogène hépatique est donc variable : si elle se traduit parfois par une augmentation, on ne saurait considérer le phénomène comme constant. — M. **L. Lapicque** et Mme **L. Lapicque** : *Action du sympathique sur la curarisation suivant le sens de l'hétérochronisme.* L'effet de la stimulation du sympathique sur l'efficacité de la commande nerveuse tient uniquement à la diminution de chronaxie musculaire ; cette diminution s'additionne algébriquement avec les modifications de chronaxie produites par les poisons ou la fatigue ; de cette somme algébrique résulte l'arrêt ou la transmission entre le nerf et le muscle suivant que l'isochronisme est plus ou moins altéré. — MM. **Robert Debré, G. Ramon** et **P.-L. Thiroloix** : *Le colostrum des Femmes vaccinées contre le tétanos ne contient pas d'antitoxine tétanique.* Les auteurs ont vu, une fois de plus, que, dans l'espèce humaine, le placenta est perméable à l'antitoxine tétanique ainsi qu'en témoigne la présence de celle-ci dans le sang du cordon, après vaccination à l'anatoxine durant la grossesse ; et que le placenta ne laisse passer qu'une petite partie de l'antitoxine présente dans le sang de la mère, puis que le sang de l'enfant nouveau-né contient moins d'antitoxine que celui de sa mère. Ils ont montré expérimentalement que l'on ne peut déceler d'antitoxine tétanique dans le colostrum des Femmes vaccinées. Cette étude tend à prouver que la voie placentaire est, dans l'espèce humaine, celle qu'emprunte l'antitoxine pour passer de la mère à l'enfant, la voie colostrale ne jouant aucun rôle appréciable. — M. **André Eichorn** : *Action des colorants vitaux sur la croissance des racines.* L'auteur a étudié la croissance de racines d'*Allium* en milieu coloré. De cette étude résulte que le rouge neutre ne peut jamais être considéré comme toxique, même à une concentration élevée, que par contre, le bleu de méthylène l'est au plus haut degré (ce qui n'est pas valable, d'ailleurs, pour les végétaux inférieurs tels que les *Saprolegnia*). Cette non-toxicité du colorant est démontrée tant par le développement normal des racines, contrôlée par l'existence de mitoses typiques, que par la rétrogradation, provocable à volonté, de la coloration. — M. **E. Plantureux** : *Sur la nature des « bactériolytes » agents de la lyse transmissible.* Les bactériolytes sont des colloïdes microbiens dont le sens électrique a été modifié. Cela permet d'expliquer d'une façon très simple les diverses réactions, ainsi que la spécificité, qui serait donnée par le granule du colloïde, la couche périgranulaire subissant seule une modification. — M. **E. Plantureux** : *Bactériolytes et anticorps. Les anticorps ne sont pas des sécrétions de l'organisme.* — MM. **H. Velu, L. Balozet** et **G. Zottner** : *Neurotropisme de* Spirochaeta hispanicum *(souche de Mansouriah) pour le Lapin ; forme nouvelle de l'infection inapparente.* Les expériences des auteurs montrent que, même chez les espèces très peu sensibles comme le Lapin, le Spirochète espagnol a pour les centres nerveux une affinité toute particulière, caractérisée par la persistance du virus longtemps après l'inoculation. Cette infection des centres nerveux se fait même quand il semble que l'animal se comporte comme s'il était réfractaire : absence de Spirochètes visibles aux examens journaliers, sang non infectieux 14 jours après l'inoculation. Elles montrent aussi que, au moins chez les espèces très peu sensibles, le cerveau ne participe point à l'immunité naturelle, accusée par le sang et les autres organes. Cet état est comparable à celui qui existe dans l'immunité artificielle des espèces sensibles. — M. **Bouveyron** : *Action antitoxique du calcium à l'égard du manganèse chez* Bombinator igneus. Si l'on injecte dans le sac lymphatique dorsal de *Bombinator igneus* une solution de chlorure manganeux les animaux injectés ne tardent pas à succomber. Mais si l'on ajoute à la solution précédente une solution de chlorure de calcium, la majorité des animaux survit indéfiniment dans la proportion moyenne de 76 p. 100. Il s'agit, dans ce cas, d'une action antitoxique de l'ion calcium à l'égard de l'ion manganèse, car les anions sont indifférents. — MM. **Rémond** et **Cantegril** : *Le potassium normal du sang chez l'Homme et chez l'animal.*

Séance du 22 Mars 1930.

MM. **T. de Santis Monaldi** et **J. Valtis** : *Contribution à l'étude des effets de l'ultravirus tuberculeux par inoculation intra-rachidienne chez le Cobaye.* Il ressort

des expériences des auteurs que l'ultravirus tuberculeux inoculé dans le canal céphalo-rachidien peut se transformer *in situ* en Bacilles acido-résistants typiques. Dans certains cas, peut-être à cause de la circulation rapide du liquide céphalo-rachidien, l'ultravirus gagne rapidement les ganglions lymphatiques où il trouve des conditions plus favorables à son développement et à l'acquisition de l'acido-résistance. — M. **J. Ancré Thomas** : *Dégénérescence et phagocytose des ovocytes de* Nereis diversicolor *O. F. M.* Il existe un processus très intense de dégénérescence des ovocytes dans certaines tumeurs de *Nereis diversicolor* dont les principaux stades sont : envahissement de l'ovocyte par un pigment chromolipoïdique ; disparition des constituants cytoplasmiques, caryolise, passage de la chromatine dans le cytoplasme où elle demeure sous forme de granules, jusqu'à dégénérescence complète de l'ovocyte. Corrélativement les linocytes de *Nereis diversicolor* deviennent actifs et phagocytent les fragments dégénérés. — M. **J. André Thomas** : *Dégénérescence te phagocytose des soies de* Nereis diversicolor *O. F. M.* Il existe chez *Nereis diversicolor* un processus général de dégénérescence des soies. Celles-ci sont envahies par un pigment chromo-lipoïdique très résistant, se fragmentent et sont phagocitées. Ce phénomène ne doit-il pas être interprété aussi comme une ébauche d'épitoquie ? — M. **P. Reiss** : *Action de quelques sels d'ammonium sur l'excitabilité du nerf et muscle de Grenouille.* L'auteur a étudié l'action du chlorure de potassium, du chlorure d'ammonium, du chlorure de triméthylammonium, du chlorure de tétraméthylammonium et de l'iodure de triméthylammonium, sur l'excitabilité du nerf et du muscle de Grenouille. Les actions de ces cinq corps sont comparables. La chronaxie du nerf n'est que peu ou pas touchée. Celle du muscle passe par une phase initiale de diminution qui peut faire défaut, et monte ensuite à des valeurs extrêmement élevées. Le minimum peut atteindre 1/3 de la valeur normale, le maximum dix fois la normale. La curarisation peut quelquefois être observée dans la première phase, mais elle est constante dans la deuxième. Elle s'installe quand la chronaxie du muscle est la moitié ou le double de celle du nerf. Ces résultats confirment la théorie de L. Lapicque sur la curarisation. — MM. **L. Nègre** et **J. Valtis** : *Tumeurs cancéreuses provoquées chez la Souris par inoculation de peau de Souris badigeonnées avec le goudron en des points différents.* L'inoculation à des Souris saines de la peau de Souris badigeonnées au goudron en des points différents paraît capable de provoquer la formation, au point d'inoculation, de tumeurs adéno-carcinomateuses et lymphoïdes. Ces tumeurs apparaissent à peu près dans les mêmes délais que celles obtenues chez les Souris dont la peau a été directement badigeonnée au goudron. — M. **H. Cristiani** : *Modifications histologiques de la glande hypophysaire dans la cachexie fluorique.* Les hypophyses des animaux morts de cachexie fluorique présentent, à côté des changements de dimensions précédemment décrites, des altérations histologiques que l'on peut résumer ainsi : atrophie des éléments cellulaires de la glande. — M. **S. Métalnikoff** et **C. Toumanoff** : *Les cellules sanguines et la phagocytose chez les larves d'Abeilles.* Tandis que chez les autres Insectes et chez *Galleria melonella* en particulier, la phagocytose est surtout exercée par les leucocytes ou phagocytes, chez les larves d'Abeilles, les proleucocytes montrent une activité phagocytaire manifestement plus grande que chez les autres Insectes. Un certain nombre d'expériences ont également démontré aux auteurs que l'activité phagocytaire est plus grande chez les larves ayant subi une vaccination préalable par injection d'émulsions chauffées de microbes et que ces larves vaccinées supportent facilement l'inoculation de doses mortelles du microbe virulent. — M. **C. Toumanoff** : *L'immunisation et la phagocytose chez les Larves d'Abeilles.* Les résultats expérimentaux et l'examen de la formule, ainsi que de l'index phagocytaire, chez les larves d'Abeilles, montrent que, malgré la capacité des deux formes de cellules (« proleucocytes » et « leucocytes ») capables de phagocyter l'encre de Chine et les microbes, c'est aux « leucocytes » que revient le rôle principal de l'englobement et de la destruction des microbes. On voit de plus que l'immunité acquise, réalisée dans le cas étudié à l'égard du Staphylocoque, a pour base l'augmentation de l'activité phagocytaire comme cela a lieu chez les autres Insectes, ainsi que l'a déjà montré Métalnikoff, surtout pour *Galleria melonella*. — Mlle **Odette Tuzet** : *Sur la spermatogénèse de l'éponge* Reniera simulans. L'étude de la spermatogénèse de *Reniera simulans*, montre que la spermatogénèse des Spongiaires ne diffère en rien d'essentiel de celle des Métazoaires inférieurs. Elle est presque identique à celle de la Tubulaire par exemple : même nombre de sphère mitochondriale (quatre), mêmes résultats avec les colorants vitaux. Par conséquent, Parazoa et Métazoa doivent dériver d'une souche commune. — M. **Alexandre Comis** : *Effets des inoculations de fortes doses de B.C.G. par voies intraveineuse et sous-cutanée aux jeunes Cobayes.* Il ressort des expériences de l'auteur que l'inoculation de fortes doses de B.C.G. par voie sous-cutanée ou intraveineuse, chez les jeunes Cobayes, provoque des altérations passagères et régressives qui favorisent l'établissement d'une immunité acquise contre les infections virulentes. — MM. **André Lwoff** et **Marcel Vaucel** : *Les bartonelloses aiguës et les infections mixtes à* Bartonella *et à* Eperythrozoon. — M. **Armand Dehorme** : *Présence d'éléments du type sporozoïte d'*Aggregata *dans les divers tissus des Polychètes.* Le but de la présente Note est de montrer : 1° que chez *Nereis diversicolor* les éléments du type sporozoïte d'*Aggregata* se rencontrent dans tous les tissus ; 2° que cette infestation est extrêmement répandue chez les Polychètes. Il paraît même légitime d'affirmer que tous les Polychètes sont pourvus de ces éléments. Mais il serait fort paradoxal que les Annélides fussent les seuls animaux marins parasités par eux. On peut s'attendre à les retrouver chez des Echinodremes, des Mollusques, des Crustacés. — M. **Armand Dehorme** : *Le zoomycelion de* Aricia mülleri. — M. **René Gayet** et Mme **Maylis Guillaume** : *Sur le trajet des fibres excito-sécrétoires fournies au pancréas par les nerfs vagues.* — M. **René Gayet** et Mme **Maylis Guillaumie** : *La sécrétion provoquée par excitation directe du pancréas en certains points d'élection.* — Mme **N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa** : *Sur une*

tumeur de Souris à évolution lente et discontinue et son comportement héréditaire.

Séance du 29 Mars 1930.

M. **J. Valtis** : *Sur le sort éloigné des Cobayes infectés par voie transplacentaire par l'ultravirus tuberculeux.* Il ressort des expériences de l'auteur que les Cobayes infectés par voie transplacentaire par l'ultravirus tuberculeux peuvent héberger dans leurs ganglions pendant environ trois mois des Bacilles acido-résistants issus des éléments filtrables du Bacille tuberculeux sans que ceux-ci reprennent leur virulence initiale. Les Cobayes ayant survécu plus de trois mois à l'infection transplacentaire se comportent par la suite comme des animaux neufs. — MM. **S. Ohba** et **H. Takekawa** : *Contributions à l'étude du mode d'action des antivirus Besredka.* 1° Les Staphylocoques isolés au cours des infections possèdent pour la gélose-sérum une affinité plus grande que pour la gélose ordinaire; 2° cette affinité disparaît après le contact avec l'antivirus Besredka, l'antivirus agit donc en transformant les Staphylocoques pathogènes en saprophytes. — M. **M. Lévy-Bruhl** et Mme **M. Legrand** : *Cultures du Pneumobacille de Friedlander en milieux chimiques définis.* La nutrition du Pneumobacille de Friedlander peut être assurée en milieu synthétique : au point de vue *minéral* par le phosphore, le chlore, le potassium, le sodium, le magnésium et surtout le soufre ayant une action favorisante très nette; au point de vue *azoté* par l'ammoniaque, l'urée, l'azote aminé et, pour un certain nombre d'échantillons, par l'acide nitrique; au point de vue *carboné* par les sucres, sauf pour certaines souches incapables de le dédoubler, par le lactose, par les acides organiques (en particulier lactique, tartrique et succinique) et pour quelques échantillons par l'alcool éthylique et l'acide butyrique. Les acides aminés, sauf le glycocolle, peuvent fournir à la fois l'azote et le carbone nécessaires. Les germes développés sur ces milieux synthétiques paraissent doués de la même virulence et des mêmes propriétés antigènes que les cultures obtenues avec les milieux complexes usuels. — MM. **Ch. Achard**, **M. Bariéty** et **A. Codounis** : *L'influence de l'accouchement sur l'équilibre protéique du sérum.* 1° Au moment de l'accouchement, le taux des protéines totales est très légèrement abaissé par rapport à celui de l'adulte normal. L'hydrémie gravidique suffit à expliquer cet abaissement. De même la sérine est légèrement diminuée. 2° L'accouchement ne modifie pas dans un sens univoque l'équilibre protéique du sérum. De même le quotient albumineux se trouve parfois augmenté et parfois diminué par rapport au chiffre initial. — MM. **L. Boëz** et **J. Guillerm** : *Pouvoir protéolytique de la flore anaérobie de la saumure indochinoise (nuoc-mam).* Le nuoc-mam (denrée alimentaire nationale annamite), tel qu'il résulte de la fabrication indigène est, pour une large part, le résultat d'une fermentation microbienne, ainsi qu'en témoignent son odeur, la nature et l'intensité du pouvoir protéolytique des germes anaérobies isolés au cours de la fermentation. Le taux élevé de l'azote ammoniacal confirme l'importance de l'intervention microbienne. Le pouvoir de désintégration de ces germes permet de préparer au laboratoire sans intervention de sucs digestifs, un produit en tous points conforme au nuoc-mam obtenu par la méthode saumurière traditionnelle annamite. — M. **G. Durup**, **A. Fessard** et **H. Piéron** : *Influence du rapport des phases sur la persistance rétinienne apparente. Interprétation générale.* Dans l'excitation lumineuse intermittente, est impliqué un processus dont les oscillations tendent, sous l'influence des stimulations périodiques, vers un régime régularisé, proche du type sinusoïdal, tel qu'il provoque un allongement de la durée limite d'interruption, juste compatible avec une amplitude donnée de l'oscillation, en fonction de l'accroissement relatif de la phase d'intermittence, allongement semblable à celui qui s'obtient avec un système oscillant librement, lorsque ce dernier subit des poussées périodiques. — M. **Georges Leowy** : *Dérivation totale de la bile hors du tube digestif, par anastomose cholédocho-urétérale.* L'anastomose cholédocho-urétérale, réalisée par le moyen simple décrit par l'auteur dans la présente note, permet une dérivation complète de la bile hors du tube digestif, dans des conditions pratiques et commodes pour les recherches. — M. **M. Weinberg** et **N. Combiesco** : *Lésions provoquées dans l'organisme animal par l'injection intraveineuse de toxine du* Bacillus perfringens *(hémoglobinurie, pigmentation, hémorragies, nécroses).* Les auteurs peuvent conclure de leurs recherches expérimentales, que non seulement l'hémoglobinurie et l'hématurie, mais aussi les hémoptysies, les hémorragies intestinales et utérines observées chez des personnes infectées par le *B. perfringens*, peuvent être provoquées par cet anaérobie. — MM. **G. Paisseau** et **B. Oumansky** : *Tuberculose fibreuse chez le Cobaye.* La réinoculation en série des ganglions bacillifères d'une tuberculose atypique du Cobaye par injection de produits pathologiques humains non filtrés semble permettre de reproduire, lorsque la survie des animaux est assez prolongée, des lésions de sclérose inflammatoire qui peuvent s'étendre à divers viscères et qui présentent les plus grandes analogies avec certaines tuberculoses fibreuses observées chez l'Homme. Ces lésions de sclérose inflammatoire ne présentent pas de lésions histologiques tuberculeuses mais on trouve à leur niveau des Bacilles acido-résistants typiques. Cette tuberculose fibreuse inflammatoire chez le Cobaye se différencie à la fois de la tuberculose type Villemin par l'absence de formations folliculaires et par l'intégrité de la rate et du foie, et de la tuberculose à filtrats, au cours de laquelle de semblables lésions n'ont pas, jusqu'à présent, été signalées. — MM. **G. Paisseau** et **V. Oumansky** : *Tuberculose inflammatoire du Cobaye.* Les faits rapportés par les auteurs donnent à penser qu'il serait possible de reproduire expérimentalement chez le Cobaye, par réinoculations successives, partant de tuberculoses atypiques obtenues par injection de produits humains non filtrés, des lésions de tuberculose inflammatoire à localisations multiples. Cette tuberculose se distingue de la tuberculose typique par l'intégrité du foie et de la rate et, de la tuberculose atypique Calmette-Valtis, par une virulence notablement plus considérable. Toutefois, malgré la présence de Bacilles acido-résistants dans les ganglions et au niveau même de la

plupart des lésions, le caractère insolite de ces lésions chez le Cobaye ne permet pas d'affirmer sans réserve leur origine tuberculeuse et l'intervention possible d'un autre agent. — M. **Raymond Poisson** : *Sur un* Heppetomonas *parasite en Normandie de* Spilostethus (Lygaeus) saxatilis (*Scop.*) (*Hémiptères* Lygeoideae). *A propos des phytoflagelloses.* — M. **Raymond Poisson** : Herpetomonas tortum *n. sp., parasite intestinal des* Camptopus lateralis (*Germ.*) (*Hémiptères* Coreidae, Alydaria) *des environs de Banyuls. Rôle possible de cet Insecte comme agent transmetteur de phytoflagellose.* — M. **E. Grasset** et Mme **G. Grasset** : *Phase mycosique du cycle du* Corynebacterium diphteriae. Les auteurs indiquent, dans la présente Note, les modifications morphologiques et biologiques subies par le Bacille diphtérique au cours de cultures sur sérum bilié, transformations aboutissant, suivant la quantité de bile incorporée au milieu, à différentes formes, présentant dans leur ensemble les caractères fondamentaux d'une phase mycosique du cycle évolutif du *Corynebacterium diphteriae.* — M. **R. Grasset** et Mme **G. Grasset** : *Des rapports biologiques et épidémiologiques entre les formes bacillaires et mycosiques du* Corynebacterium diphteriae. — MM. **L. Nattan-Larrier** et **L. Richard** : *Le complexe sérum-antitoxine n'entraîne pas l'alexine à travers le placenta.* Les nouvelles recherches des auteurs tendent bien à démontrer que les sérums hétérologues franchissent le placenta sous la forme d'un complexe, sérum-antitoxine, puisque de nombreuses expériences ont montré qu'un composant normal du sérum tel que l'alexine ne se retrouve pas dans le sang des petits dont la mère a été vaccinée. D'autre part, le complexe sérum-antitoxine ne paraît pas renfermer d'alexine, ou du moins ne contient pas d'alexine sous la forme où cette substance restée libre serait accessible aux procédés de dosage actuels.

Séance du 5 Avril 1930.

M. **Edouard Fischer-Piette** : *Sur le ralentissement des cultures de tissus par l'emploi du glucose évolué de Wurmser et Geloso.* L'emploi de doses convenables de glucose évolué donne aux cultures de tissus, avec une certaine précision, le degré de ralentissement que l'on désire. En faisant les cultures sous une couche de liquide (en flacons de Carrel), il suffit de doses relativement faibles pour obtenir des cultures à croissance très lente, en même temps que très régulière. Dans ces cultures ralenties les cellules sont mieux groupées que dans les cultures témoins; en cessant de faire agir le glucose évolué on obtient, au contraire une très forte dispersion cellulaire. — Mme **C. Jazimirska-Krontowska** : *Influence du potassium et du calcium sur la croissance et le métabolisme des tissus* in vitro. Les expériences de l'auteur prouvent que : 1° une teneur plus forte en Ca dans le milieu isotonique entrave la croissance de la culture de fibroblastes (souche pure) et diminue la consommation du sucre : la grandeur des cellules est moindre que celle des cellules témoins; 2° une teneur plus grande en K produit d'une influence défavorable, elle entrave la croissance, tandis que la consommation du sucre continue à être assez forte; les dimensions des cellules sont bien plus grandes que dans les conditions normales. — MM. **Magath** : *Mécanisme de l'acidification du milieu des cultures de tissus.* 1° La diminution du *p*H dans les cultures de tissus s'explique pleinement par la glycolyse (et peut-être en partie par la respiration) qui a lieu dans les tissus en voie de croissance. 2° La grande amplitude des variations du *p*H dans les cultures *in vitro*, par comparaison avec l'organisme vivant s'explique par les obstacles qui empêchent le dégagement du CO^2, tandis que, dans l'organisme, l'excès de CO^2 est aussitôt éliminé. 3° L'ingénieuse modification proposée par Carrel, ayant pour but de régler la teneur en CO^2 de l'air qui entoure la culture, convient parfaitement pour maintenir le *p*H dans les cultures à un certain niveau. — M. **Hisatake Dusi** : *Les limites de la concentration en ions H pour la culture d'*Euglena gracilis, *Klebs. Euglena gracilis* peut se multiplier dans des milieux dont le *p*H est compris entre 3,5 et 9,0. Dans ces milieux, la vitesse de multiplication croît régulièrement de *p*H 3,5 à 8,5, et la densité de la culture considérée au point de vue optimum du développement est la même, quel que soit le *p*H, entre *p*H 4,5 et 8,5. — MM. **L. Képinov** et **S. Petit-Dutaillis** : *Le pouvoir hyperglycémiant du sang de Chien dépancréaté n'est pas modifié par une injection préalable d'insuline* 1° Le sang de Chien diabétique transfusé au Chien dépancréaté porteur d'une greffe pancréatique provoque chez ce dernier une hyperglycémie bien caractérisée et plus ou moins durable. 2° Le sang d'un Chien normal est, par contre sans action sur la glycémie d'un Chien dépancréaté porteur d'une greffe pancréatique. 3° L'insuline ne modifie pas le pouvoir hyperglycémiant du sang d'un Chien diabétique. — MM. **C. Levaditi, F.-R. Selbie** et **R. Schoen** : *Les arthrites du rhumatisme polyarticulaire spontané de la Souris provoqué par le* Streptobacillus moniliformis. Le *Streptobacillus moniliformis* provoque chez la Souris des polyarthrites aiguës ou chroniques, le plus souvent généralisées, et apparaissant surtout après l'inoculation des cultures sous la peau, dans les veines et dans l'articulation même. Les altérations microscopiques constatées ne diffèrent guère de celles que l'on observe chez l'Homme atteint d'arthrites infectieuses aiguës ou chroniques. — MM. **Jean Turchini** et **J. Broussy** : *Appareil de Golgi et division cellulaire dans quelques tumeurs.* L'imprégnation de l'appareil de Golgi au moment de la division caryocinétique typique ou atypique ne décèle qu'un nombre réduit de vésicules golgiennes. Ces vésicules forment des anneaux qui paraissent se rompre pour donner deux vésicules filles à la métaphase. — MM. **M. Laudat** et **A. Grandsire** : *Le rapport chlore-sodium sanguin chez les brightiques azotémiques.* On peut observer, dans le sérum sanguin des brightiques azotémiques des valeurs très différentes pour le rapport chlore-sodium. L'élévation de l'urée sanguine ne semble pas intervenir directement sur le rapport; les variations dépendent de facteurs associés. Une rétention aqueuse prolongée a pour effet d'élever le rapport; les vomissements en provoquent au contraire, l'abaissement. Le mécanisme est toutefois plus complexe et certaines hypochlorémies, s'accompagnant de chutes importantes du rapport, restent inexpliquées. — M. **Harry Plotz** : *Transmission du typhus exanthématique expérimental*

au Cobaye par voie cutanée. Il est possible de transmettre le typhus exanthématique au Cobaye par inoculation intra-cutanée; la maladie est caractérisée dans ce cas pour une période d'incubation qui est plus longue (12 jours) que dans le cas d'inoculation intra-péritonéale (7 jours) et qui sera pproche, par conséquent, de celle que l'on observe chez l'Homme. — MM. **Pasteur Vallery-Radot, G. Mauric, Paul Giroud** et Mme **Andrée Hugo** : *Essai de transfert à l'Homme des anticorps de l'animal sensibilisé.* Il n'est pas possible, par la méthode de Prausnitz-Küstner, employant comme réactif le derme humain, de mettre en évidence les anticorps circulant dans le sérum d'un Lapin sensibilisé. Cette méthode, au contraire, révèle les anticorps contenus dans le sérum d'un Homme sensibilisé. — MM. **Pasteur Vallery-Radot, Paul Giroud, G. Mauric** et Mme **Andrée Hugo**: *Mise en évidence des qualités antigéniques d'un extrait par la méthode de Prausnitz-Küstner.* Les expériences exposées dans cette note indiquent que, lorsqu'on veut savoir si un extrait antigénique est actif, il suffit de l'injecter dans le derme humain, à l'endroit même où 24 heures auparavant, on a injecté le sérum d'un sujet dont on connaît indiscutablement la sensibilité spécifique à cet antigène: la preuve de l'activité de l'extrait est démontrée par une forte réaction locale. Cette épreuve paraît être la meilleure façon de s'assurer qu'un extrait antigénique a les qualités requises pour des recherches expérimentales. — MM. **Boquet, L. Nègre** et **J. Valtis** : *Sur la dispersion des Bacilles paratuberculeux de la fléole inoculés au Cobaye par la voie trachéale.* Les Bacilles de la fléole inoculés dans la trachée se comportent comme ceux que l'on inocule sous la peau ; les uns sont retenus sur place, les autres passent dans la circulation lymphatique, voire même dans la circulation sanguine. Les réactions inflammatoires qu'ils éveillent dans les tissus aboutissent également, en moins de 6 semaines à leur destruction quasi totale. La dispersion des Bacilles de la fléole dans l'organisme du Cobaye ne paraît pas différer non plus de la dispersion initiale des Bacilles tuberculeux virulents. — MM. **A. Boquet, L. Nègre** et **J. Valtis** : *Sur la dispersion des Bacilles tuberculeux inoculés au Cobaye par la voie trachéale.* Chez le Cobaye que l'on infecte à dose massibe par inoculation intra-trachéale, les Bacilles tuberculeux se divisent à bref délai en trois fractions d'inégale importance; les uns se fixent sur place, où ils provoquent la formation de lésions qui prédominent sous la plèvre ; d'autres, entraînés par la lymphe pulmonaire, sont retenus par les ganglions trachéo-bronchiques qui se tuberculisent à leur tour ; d'autres, enfin pénètrent directement dans la circulation sanguine et se répandent dans les organes éloignés lorsque les doses inoculées sont très faibles, la dispersion initiale des Bacilles paraît s'effectuer uniquement par les voies lymphatiques. — MM. **A. Boquet, L. Nègre** et **J. Valtis** : *Sur la dispersion des Bacilles tuberculeux inoculés au Lapin et au Cobaye par voie sous-cutanée.* Les expériences résumées dans cette note démontrent que les Bacilles inoculés sous la peau, à des doses relativement faibles, pénètrent tout d'abord dans la circulation lymphatique, et n'empruntent la voie sanguine que d'une manière intermitente accidentelle, dans la première phase de l'infection. — M. **P. de Boissezon** : *Les réserves dans le corps gras de* Culex pipiens *L. et leur rôle dans la maturation des œufs.* L'auteur a pu vérifier que, chez *Culex pipiens*, les réserves accumulées pendant la vie larvaire ne sont utilisées qu'en très faible proportion pendant la métamorphose et que chez l'adulte ce sont elles qui servent à assurer la maturation des œufs. — M. **P. de Boissezon** : *Le rôle du corps gras comme rein d'accumulation chez* Culex pipiens *L. et chez* Theobaldia annulata. Le corps gras joue chez *Culex pipiens* L. et *Teobaldia annulata* M. un rôle de rein d'accumulation. Au cours de la vie de l'Insecte et dès la période larvaire, le noyau du trophocyte sécrète des granulations réfringentes, de nature purique, qui s'accumulent dans les cellules du tissu adipeux périphérique. Ces granulations se voient également chez la pupe et on les trouve en quantité particulièrement abondantes chez les moustiques âgés en fin d'hibernation. — MM. **F. Rathery, R. Kourilsky** et Mlle **S. Gibert** : *Hyperglycémie insulinique immédiate et variations du glycogène hépatique. Nature du phénomène.* Le phénomène de l'hyperglycémie insulinique immédiate est absolument indépendant de la sécrétion d'adrénaline par les surrénales. Il se produit chez des Chiens dont on a enlevé les deux surrénales. Le foie entre très probablement en jeu dans le déterminisme du phénomène mais les variations du glycogène hépatique ne jouent qu'un rôle accessoire. — M. **H. Busquet** : *Le temps de latence des caractères sexuels secondaires chez le Chapon traité par le sérum de taureau ; persistance du comportement psycho-sexuel après cessation du traitement.* Cette note contient un ensemble de faits relatifs à l'évolution des caractères de masculinité du Chapon après cessation du traitement sérique ; ces faits nous montrent que les divers éléments du complexus sexuel ne se comportent pas d'une manière identique vis-à-vis du déficit hormonique. Les hormones testiculaires conditionnent l'apparition et la persistance de la crête. Au contraire, les caractères psycho-physiologiques de la masculinité exigent l'apport endocrinien du testicule pour apparaître, mais non pour se maintenir. Toutefois cet état spécial du système nerveux créé par les influences hormoniques antérieures est très instable, puisqu'il est à la merci d'un traumatisme. — M. **Marc Simonet** : *Nouvelles recherches sur le nombre des chromosomes chez les Iris et sur l'existence de mitoses didiploïdes dans ce genre.* — MM. **P. Ramon** et **G. Descomby** : *Sur l'immunisation antitétanique et sur la production de l'antitoxine tétanique.* Les résultats exposés dans cette note, montrent une fois de plus, que, contrairement à la théorie de la « concurrence des antigènes » des auteurs allemands, un organisme est bien capable de faire les frais de deux immunisations simultanées ou successives ce qui est d'ailleurs vérifié par l'utilisation, maintenant courante chez l'Homme, de la méthode des « vaccinations associées ».

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. 8 – -30